

جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الأولى من السنة العشرين

١٤٧

محاضرة عن

الخرسانة المسلحة فى اعمال الدفاع

للدكتور سيد مرتضى

وكيل المكتب الفنى لكبارى السكة الحديد

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية
بتاريخ ٢١ ديسمبر سنة ١٩٣٩

دار الطباعة المصرية
شارع رشدى باشا (الساحة سابقا)



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الأولى من السنة العشرين

١٤٧

محاضرة عن

الخرسانة المسلحة فى اعمال الدفاع

الدكتور سيد مرتضى

وكيل المكتب الفنى لكبارى السكة الحديد

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢١ ديسمبر سنة ١٩٣٩

دار الطباعة المصرية

شارع رشدى باشا (الساحة سابقا)

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الاسود (شيني) ويرسل برسمها .

الخرسانة المسلحة فى أعمــال الدفاع

١ ـ حســـاب الاسقف الواقيـة

نتناول محاضرتنا اليوم بالبحث موضوعا ربما استدعى البعض أو الكثير منا للعمل فيه . وهذا ما حدا بى إلى الاسراع فى عمل هذه المحاضرة لتتاح لنا الفرصة لمناقشته نظرياً وعملياً على ضوء ما عمل من ابحاث وما أجرى من تجارب وما اكتسب من خبرة فى الحروب الماضية والحروب الحالية

يحدث من القنبلة التى تسقطها الطائرة أو يقذفها المدفع عند اصطدامها بالهدف قوتان أساسيتان : ــ الأولى قوة التصادم والثانية قوة الانفجار .

ا ـــ قوة التصــادم

بمجرد ملامسة القنبلة للمبنى تعمل هذه فى المبدأ كجسم صلب عادى عند ما يصطدم بالبناء وينفذ فيه الى عمق معين .

و (شكل ١) يبين هذا الحادث فترى قنبلة نفذت فى طبقة من الخرسانة ولندرس الآن ما يتم حدوثه . فمقدمـة القنبلة تضغط على الخرسانة بقوة مقدارها ج على السنتيمتر المربع عمودية على سطح القنبلة . وهـذه القوة بتحليلها الى القوتين س ، هـ فى الاتجاهين الرأسى والافقى نرى أن القوة الرأسية س تضغط على الخرسانة فتفككها وتعمل القوة الأفقية هـ كمعاول تخريب تدفع جزئيات الخرسانة المفككة على بعضها فى جميع الاتجاهات فتجعلها تتطاير كما هو مبين (بشكل ٢)

وبازالة هشيم الخرسانة وتنظيف الموضع إلى الطبقة الخرسانية السليمة تحصل على ما يسمى بمخروط التصادم للقنبلة .

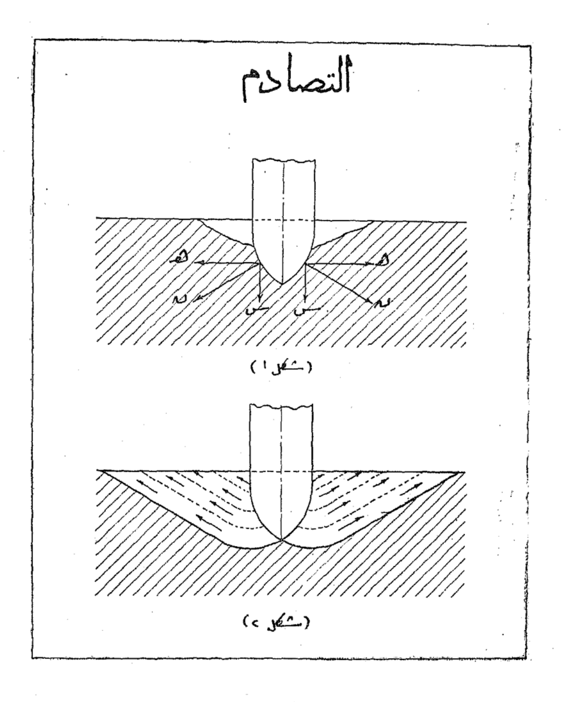
ومقاومة الخرسانة للضغط الرأسى س تزداد بازدياد عمق نفاذ القنبلة وتختلف اختلافا أساسياً عن مقاومة الخرسانة للكسر التى نحصل عليها باختبار مكعب الخرسانة فى آلة الاختيار ففى هذه العملية ليس هناك مايمنع المكعب من التمدد الجانبى عمودياً على اتجاه الضغط فيلاحظ دائما انبعاج الأسطح الجانبية عند زيادة الضغط ويتلو ذلك انهيار المكعب نفسه نتيجة لتقوض جوانبه (شكل ٣)

فمقاومة المكعب ترتفع كثيراً إذا عمل على مكافحة انبعاج جوانبه تحت الضغط وقد توصل كل من باخ وساندر الى هذه النتيجة بتسليح المكعب طوليا وعرضيا (شكل ٤)

أما كنسدير فقد زود قطعة الاختبار بتسليح حلزونى (شكل ٥) . وقد توصلوا بذلك إلى رفع مقاومة المكعب إلى ثلاثة الأضعاف

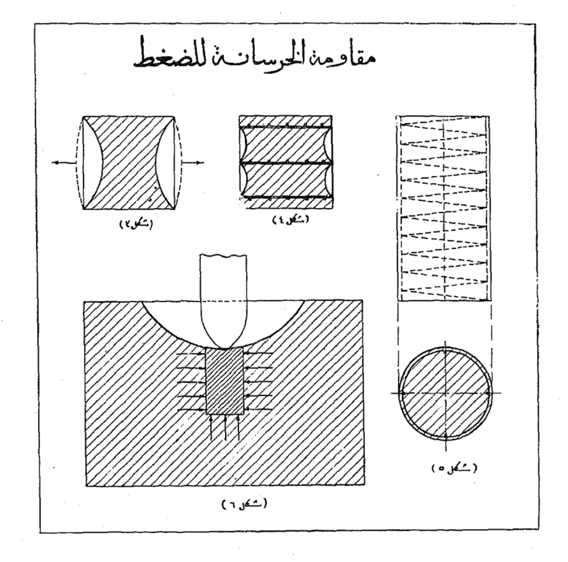
والواقع أنه تتكون تحت سن القنبلة فى خرسانة السقف اسطوانة يعمل ما حولها من جسم السقف على مقاومة انبعاجها الجانبى وتزداد هذه المقاومة كلما زاد العمق لحد معين وهذا ما يمكن به تفسير زيادة مقاومة الخرسانة كلما زاد عمق نفاذ القنبلة (شكل ٦)

وفى الجدول رقم ١ نتائج التجارب التى عملت لتحديد عمق مخروط التصادم لخرسانة تحوى ٤٠٠ كيلو جراما من الاسمنت فى المتر المكعب لقنابل من وزن ٥٠ إلى ١٠٠٠ كج تسقط من ارتفاع ٥٠٠٠ مترا



(شكل ١)

(شكل ٢)


مقاومة الخرسانة للضغط
(شكل ٢)
(شكل ٤)
(شكل ٥)
(شكل ٦)

جـدول رقم ١

وزن القنبلة ك بالكيلو جرام	وزن شحنة المفرقع ش بالكيلوجرام	عمق مخروط التصادم هـ بالمتر	عمق مخروط الانفجار هـ ١ بالمتر	عمق مخروط التصادم والانفجار هـ ٢ بالمتر
٥٠	٢٣	٠ر٣٥	٠ر٤٧	٠ر٨٠
١٠٠	٥٠	٠ر٥٠	٠ر٥٩	١ر٠٠
٣٠٠	١٧	٠ر٧٥	٠ر٨٦	١ر٥٠
٥٠٠	٣٠٠	٠ر٩٠	١ر٠٢	١ر٨٠
١٠٠٠	٦٨٠	١ر١٠	١ر٢٩	٢ر٢٥

ويتضح من الخانة الثالثة من الجدول أن عمق مخروط التصادم يتراوح بين ٣٥ر٠ و ١٠ر١ متر

وبتسليح الخرسانة ينقص عمق المخروط من ٢٥ إلى ٣٠ ٠/٠ ويستغرق نفاذ القنبلة فى الخرسانة بعض الوقت ويمكن حسابه تقريبا بالطريقة الآتية :

السرعة النهائية لقنبلة وزنها ١٠٠٠ كيلو جرام تلقيها طائرة من ارتفاع ٥٠٠٠ متر تبلغ ٢٥٠ متراً فى الثانية فاذا كان عمق مخروط التصادم ١٠ر١ متراً فان القنبلة تفقد سرعتها وتصل إلى حالة السكون فى نهاية هذه المسافة فالسرعة المتوسطة للنفاذ هى $\frac{٢٥٠ + صفر}{٢}$ = ١٢٥ متراً فى الثانية ومنه تكون المدة التى استغرقتها القنبلة هى $\frac{١٫١٠}{١٢٥}$ = ٠٠٨ر٠ من الثانية .

وفى أثناء هذا الزمن تحدث القنبلة ضغطا متواصلا على الخرسانة وعليه

فان السقف يتعرض لضغط استاتيكى يستمر عليه مدة كافية لتشعبه و إحداث الاجهادات فى مادة البناء .

٢ — الانفجار

الانفجار الناتج عن المفرقع السريع هو التحول الفجائى للشحنة من حالة الصلابة إلى حالة الغازية مصحوبا بتوليد كميات كبيرة من الحرارة .

والفرق بين المفرقع السريع والبارود الاسود هو أن هذا الأخير يستغرق لاتمام عملية الاحتراق زمناً أطول نسبياً لدرجة تجعل فى حيز الامكان قياس هذا الزمن . لذلك كانت طاقة التخريب فى البارود أقل وتأثيره أضعف .

والطاقة الحرارية الناتجة عن الانفجار تتحول إلى طاقة ميكانيكية حسب العلاقة المعروفة وهى أن كل كيلو جرام متر يستنفذ ٤٢٧ وحدة حرارية .

وتبلغ كمية طاقة التخريب هذه الناتجة عن انفجار كيلو جرام من المفرقعات ٦٣٢ الف كيلو جرام متر للبنترنيت و ٢٩٠ الف كيلو جرام متر للبارود .

والجدول رقم ٢ يبين الخواص الهامة للمفرقعات التى يغلب استعمالها.

جـــدول رقم ٣

المادة المفرقعة	الوزن النوعى	درجة حرارة الانفجار سنتجراد	سرعة الانتشار للغاز بالمتر فى الثانية	طاقة التخريب للكيلو جرام بالكيلوجرام متر
بنترنيت	١ر٧٠	٤٢٤٨	٨٤٠٠	٦٣٢٠٠٠
ملانيت	١ر٦٩	٣٢٣٠	٧٢٥٠	٤٣٧٠٠٠
بيروكسيلين	١ر٣٠	٣١٥٠	٦٨٠٠	٤٥٠٠٠٠
تروتيل	١ر٦٠	٢٨٠٠	٦٨٠٠	٤٢٧٠٠٠
ديناميت	١ر٦٠	٣٧٠٠	٦٧٠٠	٥٥٣٠٠٠
بارود عديم الدخان	من ٩٠ر الى ٢٠ر١	٣١٥٠	١٠٠٠ الى ١٨٠٠	٣٨٠٠٠٠
بارود اسود	١ر٢٠	٢٣٨٠	٤٠٠	٢٩٠٠٠٠

وتتراوح درجة حرارة غاز الانفجار بين ٢٣٨٠ للبارود الاسود و ٤٢٤٨ للبنتريت .

فانفجار قنبلة طائرة وزنها ١٠٠ كيلو جرام وشحنتها ٥٠ كيلو جرام من التروتيل ينشأ عنه كرة من الغاز الساخن قطرها ٣١ مترا أى أن حجمها ١١٤٢ مترا مكعباً ودرجة حرارتها ٢٨٠٠ وتبلغ سرعة انتشار الغاز فيها ٦٨٠٠ متر فى الثانية

ويصل ضغط الغاز الى درجة من القوة تتحطم أمامها الأجسام الصلبة التى تصادفها فى حيز معين فالجزء الخرسانى الذى يقع فى هـذا الحيز لا يلبث أن يتهشم كلية (شكل ٧)

وبازالة الهشيم وتنظيف الموقع إلى الخرسانة السليمة نحصل على مخروط التخريب الناتج عن التصادم والانفجار معاً ويتراوح عمقه فى الخرسانة التى تحوى ٤٠٠ كيلو جراما من الأسمنت فى المتر المكعب بين ٨ر٠ و ٢٥ر٢

متراً للقنابل من وزن ٥٠ إلى ١٠٠٠ كيلو جراما كما هو مبين بالجدول الأول في الخانة الخامسة .

وفى الخرسانة المسلحة يبلغ عمق مخروط التخريب من ٧٠ إلى ٧٥ ٪ من عمقه فى الخرسانة العادية . والعمق النظرى للمخروط بالمتر الناتج عن انفجار القنبلة فى اللحظة التى تلامس فيها سطح الهدف دون اصطدام يمكن حسابه من المعادلة (١)

$$ه_١ = (م + ن) \sqrt[٣]{ش}$$

وفيها $ه_١$ = عمق المخروط بالمتر

م = معامل يتوقف على نوع مادة الهدف

ن = معامل يتوقف على نوع المفرقع

ش = وزن شحنة المفرقع بالكيلو جرام

فللخرسانة السابق وصفها وباستعمال مفرقع التروتيل فان

(م + ن) = ٠٫٢٢

وعليه فان $ه_١ = ٠٫٢٢ \sqrt[٣]{ش}$ (٢)

وللخرسانة ذات الأسمنت عالى المقاومة

فان $ه_١ = ٠٫١٧٥ \sqrt[٣]{ش}$ (٢ ا)

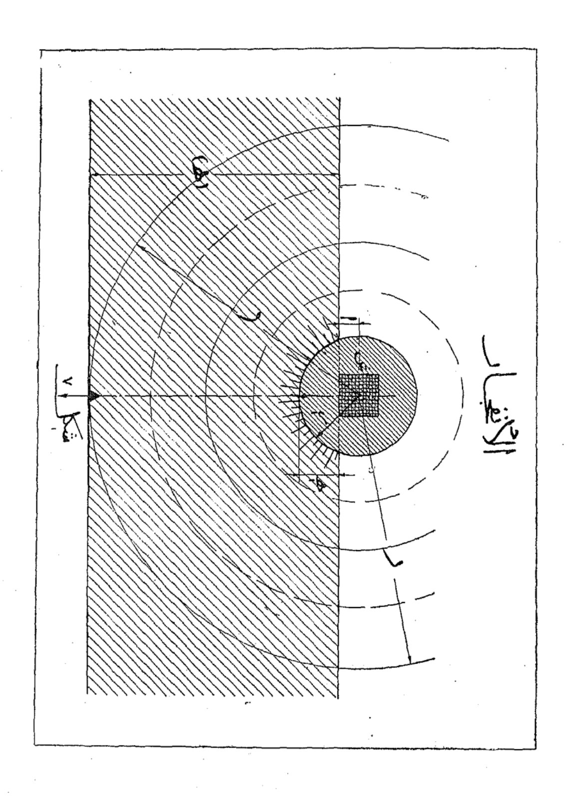
وللخرسانة المسلحة

فان $ه_١ = ٠٫١٣ \sqrt[٣]{ش}$ (٢ ب)

ولنتناول بالبحث الآن الظاهرة الآتية التى تحدد جليا ماهية انفجار المفرقعات السريعة .

(ا) إذا وضعنا ورقة نبات على لوحة من الصلب ثم غطينا هذه الورقة بمكعب من البروكسلين ثم أشعلناه لينفجر نشاهد على سطح اللوحة الصلب ما يأتى :

١ — طبعه من قاعدة مكعب البروكسلين



٢ ــ طبعة دقيقة من ورقة النبات بجميع تفاصيل جزئياتها من عروق وجذوع وخلافه

ومثل هذه الطبعة من ورقة لينة على لوحة من الصلب لا يمكن الحصول عليها اطلاقا بطريقة عادية . فلا ينفع لذلك الضغط الاستاتيكى القوى ولا حتى ضربات المطرقة البخارية لأنه من المستحيل طبعا أن تنطبع هذه الورقة الضعيفة فى الصلب .

وهذا المظهر غير العادى يمكن الرجوع بأسبابه إلى الحركة العالية لجزئيات الغاز الساخن ومتابعة جزئيات الورقة لها لالتصاقها بها عند حدوث الانفجار كما يتضح ذلك من التجربة الآتية :

إذا دار قرص من الكرتون العادى بسرعة قوامها بضعة آلاف من اللفات فى الدقيقة فان الأجزاء الضعيفة التى تقع عند حافة القرص عندما تصل سرعتها إلى درجة كبيرة تكتسب طاقة حركة تتناسب مع مربع هذه السرعة وينتج عن هذه الطاقة ظاهرة ربما صعب تصديقها لأول وهلة وهى أن هذا الكرتون الضعيف يمكنه فى حالته هذه أن ينفذ فى الصلب وأن يقطع قضيبا من الحديد .

معنى ذلك أنه عند سرعة معينة تكتسب المادة قوة ميكانيكية نتيجة للحركة تعمل على رفع خواصها الأساسية وهى صلابتها وقوتها .

ومن ناحية أخرى فان السرعة دالة للزمن . فتغير خواص المادة على النمط سالف الذكر انما يتوقف لدرجة كبيرة على طول الفترة التى تعمل فيها القوة . وظاهر أنه لا يمكن مطلقا بأى طريقة بطيئة سواء بالضغط الاستاتيكى أو بالطرق أن نقطع الحديد بقطعة من الكرتون مثلا . فالمادة عندما تتحرك بسرعات عالية تختلف فيها خواصها عنها فى الأحوال العادية .

وهذه الظاهرة هى التى مكنت ورقة النبات الضعيفة من أن تطبع بكامل هيئتها على اللوحة الصلب نتيجة الانفجار . فان السرعة الهائلة لجزئيات

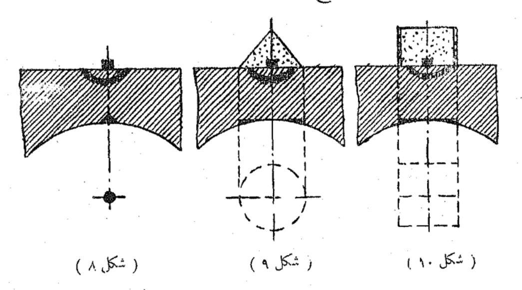
الغاز الناتجة عن انفجار البروكسلين أحدثت اهتزازات معينة فى ورقة النبات بالسرعة الكافية التى اكتسبت بها طاقة ميكانيكية تمكنها من النفاذ فى الصلب وهذا ما لا يمكن الحصول عليه اطلاقا بأى طريقة استاتيكية أو ديناميكية عادية .

(٢) أظهرت التجارب التى عملت على أقبية من الخرسانة بسمك ١٫٨٠ متر الآتى

ا — عند انفجار ١٨ كيلو جراما من البروكسلين وضعت على قمة العقد (شكل ٨) ظهر على سطح العقد الداخلى آثار سقوط وتطاير لبعض جزئيات الزلط تحت قاع مخروط الانفجار تماما .

ب — بوضع نفس الكمية من البروكسلين وتغطيتها بمخروط من الرمل ارتفاعه ١٫٣٠ مترا وقطر قاعدته مترين (شكل ٩) فانه حدث بعد الانفجار أن تطايرت طبقة رقيقة من المونة والخرسانة من السطح الداخلى للعقد على شكل قرص قطره مساو لقطر قاعدة المخروط .

حـ — بوضع نفس الكمية من البروكسلين وتغطيتها برمل أحيط بصندوق ارتفاعه ١٫٣٠ وقاعدته ٢٫٠٠ × ٢٫٠٠ متر (شكل ١٠) فانه حدث بعد الانفجار أن تطايرت طبقة من المونة والخرسانة من السطح الداخلى للعقد على شكل مربع قاعدة الصندوق .



(شكل ٨) (شكل ٩) (شكل ١٠)

ويمكن تفسير هذه الظاهرة بأن قوة الانفجار تصل إلى أقصاها بغتة فيحدث عنها اهتزاز فى الكتلة الخرسانية ويهتز معها الرمل الذى رص فوق المفرقع فيكسب الكتلة التى تحته قصورا ذاتيا أكبر من الكتل التى حولها وينتج عن ذلك اختلاف فى سير اهتزاز الكتل الخرسانية المتجاورة فى السطح الأسفل للعقد فتهتز الأجزاء التى تحت الرمل بدرجة تختلف عن بقية الأجزاء المرتبطة بها فتنفصل عنها على طول حدودها . ويظهر ذلك واضحا فى انفصال مونة السطح الأسفل على شكل الدائرة أو المربع تابعا لذلك شكل قاعدة الرمل .

وباعادة التجربة على نفس النمط باستعمال البارود الأسود لم يظهر على السطح الداخلى أى أثر ويرجع ذلك إلى احتياج البارود إلى مدة من الزمن لاشتعاله لدرجة تتيح للغازات الانتشار فيتوزع بذلك ضغطها فى جميع الاتجاهات . ومما يدل على ذلك تطاير الرمل الذى تقذف به فى الهواء أول موجة للضغط وتكون النتيجة تلاشى جزء كبير من طاقة التخريب للمفرقع ولا يعمل على العقد منها إلا جزء صغير فقط .

تثبت هذه التجارب أنه باستعمال المفرقعات السريعة فان تحول هذه المفرقعات إلى حالة الغازية يجرى فى برهة قصيرة جداً لدرجة أن ما يعلوها من الرمل وما تحتها من الخرسانة يتضافران معا على مقاومة ضغط الغاز المفاجىء بالرغم من التباين الكبير بين الخواص الطبيعة لكل من الماديين .

(٣) أن السرعة الكبيرة للحركة أو الاهتزاز تكسب الجسم طاقة حركة ذات صفة خاصة . ومن أمثلة ذلك ما يمكن عمله بلوح من الزجاج العادى . فاذا ركز هذا على أطرافه وأجرى عليه تحميلا استاتيكيا أو عوجل بضربة عادية أو صوبت عليه قذيفة نارية فانه فى حالة التحميل الاستاتيكى بحمل منتظم ينكسر اللوح نتيجة الانثناء بحدوث شقوق فى اتجاه الأقطار متفقا فى ذلك مع ما يعطيه الحساب العادى حسب نظريات المرونة ، أما الضربة العادية فيحدث عنها

انكسار اللوح مع حدوث كسور متشعبة . ولكنه فى حالة القذيفة النارية التى تصيبه بسرعة تصل الى ٣٠٠ مترا فى الثانيةفان القذيفة تنفذ فيهوتحدث فيه ثقبا مساويا لقطرها بدون أن يصحب ذلك حدوث أى ظواهر تهشيم أخرى . ففى هذه الحالة لا يحدث فى اللوح أى ترخيم . فان ضربةالمقذوف تحدث بسرعة فائقة فلا تتمكن من عمل غير إقامة ضغط شديد موضعى مماثل لعمل آلة الخرم لجزء اللوح الزجاجى الذى يقابلهالمقذوف فىطريقه يكتسب سرعة اهتزاز مساوية لسرعة سير المقذوف بينما تبقى الأجزاء المحيطة به من اللوح فى حالة السكون كما هى . وبذلك ينحصر فعل قوةنفاذ المقذوف فى اتجاه تخانة اللوح ويحدث فيه الثقب السابق الذكر

تحدث نفس الظاهرة عندما تصطدم قنبلة الطائرة أو قذيفة المدفع ببلاطة أو قبو قليل السمك فان القذيفة تنفذ فيه وتثقبه موضعياً فقط دون أن تتأثر بقية أجزائه .

(٤) لدراسة ما يحدثه التصادم والانفجار من اهتزازات فى الأجزاء المختلفة عملت مبان خرسانية للتجربة أطلقت عليها المدافع والقنابل بالصور الآتية :

ا — قذائف مدافع محشوة بالرمل وذلك لتحديد فعل قوة التصادم على انفراد .

ب — قذائف مشحونة بالمفرقع لتحديدفعلقوى التصادموالانفجارمعا

ج — قنابل مشحونة بالمفرقع وضعت فوق المبنى ثم فجرت وذلك لتحديد فعل الانفجار على انفراد .

وقد أدت هذه التجارب إلى النتائج الآتية :

١) أن منحنيات الاهتزاز كانت متباينة جداً فى حالة التصادم عنها فى حالة الانفجار .

٢) أن الاهتزاز الناشىء عن التصادم انبث الى مدى أوسع .

٣) ان أكبر شروخ فى المبنى وقعت فى اللحظة التى حدث فيها تغيير فى سرعة الاهتزاز . أى عند انتقال المبنى من حالة الاهتزاز نتيجة التصادم إلى حالة الاهتزاز نتيجة الانفجار .

(٥) أظهرت التجارب والخبرة انه بانفجار قنبلة كبيرة عند اصابتها للهدف فان ٢٠ ./. فقط من شحنة المفرقع تعمل على السطح الذى تصيبه بينما تعمل ال ٨٠ ./. الباقية على الهواء المحيط بموقع الاصابة ويرجع ذلك إلى المغالاة فى تطويل جسم القنبلة مما يجعل مركز ثقل الشحنة المفرقعة بعيداً عن سطح التصادم وشكل (١١) يبين قنبلة طائرة أمريكية وزنها ٩٠٠ كيلو جراما يبلغ طول جسمها بدون الذيل ٢ر٤٨ متراً وفيها يبعد مركز ثقل الشحنة عن السن بمقدار ١ر٢٤ مترا . ونتيجة ذلك أن ما يعمل على المبنى من الشحنة إنما ينحصر فى جزئها الأسفل أى ما مقداره حوالى ٢٠ ./. من الوزن الكلى للمفرقع . ويرى فى نفس الشكل مجموعة من قنابل الطائرات المستعملة .

والجدول ١٢ يعطى :

١ ــ طاقة الحركة عند لحظة التصادم بقنابل الطائرات من وزن ٥٠ إلى ٢٠٠٠ كيلو جرام عندما تسقط من ارتفاع ٥٠٠٠ متر حيث تصل سرعتها النهائية إلى ٢٥٠ مترا فى الثانية .

٢ ــ طاقة التخريب لمفرقع النسف ومقداره ٢٠ ./. من الوزن الكلى والمادة المستعملة هى الترو تيل .

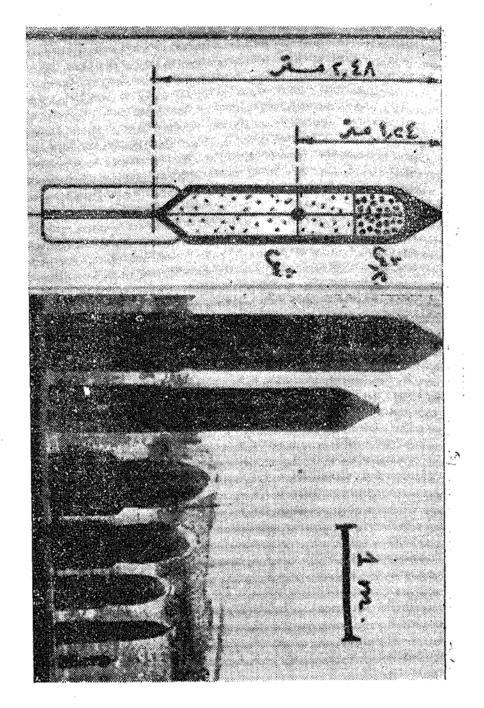
والخانة السادسة من الجدول تعطى النسبة بين طاقتى التخريب والحركة عند لحظة الاصطدام وهى قيمة ثابتة مقدارها ٤ر١٣ .

جدول رقم ٢ (١)

١	٢	٣	٤	٥	٦
وزن القنبلة ك بالكيلوجرام	طاقة الحركة عندالتصادم = ط١ بالطن متر	شحنة المفرقع ش بالكيلو جرام	شحنة المفرقع الناسف ش = ٠٫٢٠ ش بالكيلو جرام	طاقة التخريب ط٢ بالطن متر	النسبة ط٢ / ط١ = ن
٥٠	١٥٩	٢٥	٥	٢١٣٥	١٣٫٤
١٠٠	٣١٩	٥٠	١٠	٤٢٧٠	١٣٫٤
٣٠٠	٩٥٤	١٥٠	٣٠	١٢٨١٠	١٣٫٤
٥٠٠	١٥٩٠	٢٥٠	٥٠	٢١٣٥٠	١٣٫٤
١٠٠٠	٣١٨٠	٥٠٠	١٠٠	٤٢٧٠٠	١٣٫٤
٢٠٠٠	٦٣٦٠	١٠٠٠	٢٠٠	٨٥٤٠٠	١٣٫٤

(٦) أظهرت التجارب والخبرة أن ما تحدثه المفرقعات من التخريب فى الأقبية والبلاطات يختلف فى مظهره عما تحدثه قوة الطرق العادية التى تستغرق من الوقت ما يتيح للمبنى أن يترخم ويتقوض تحت فعلها فليس هناك مجال إذاً لتطبيق النظريات الاستاتيكية العادية فى أحوال فعل الانفجار .

ومن الوجهة النظرية البحتة فان تطبيق نظريات المرونة فى المبانى التى خصصت لمقابلة ضرب القنابل بعيد عن الصحة فان مجال نظريات الانحناء إنما يبتدىء عندما تصل فتحة البلاطة إلى مالا يقل عن أربعة أمثال سمكها بينما دلتنا الخبرة أن أقل سمك للبلاطة من الخرسانة المسلحة التى تصمد لقنبلة الطائرة من وزن ٥٠ كيلو جراما هو مترا على الأقل ولقنبلة الطائرة من وزن ٣٠٠ كيلو جراما هو مترين على الأقل وقلما زادت فتحة السقف فى هذه الأحوال عن أربعة أمتار . لذلك كانت القاعدة فى عمل الأسقف



(شكل ١١)

الواقية هى ألا تزيد فتحتها عن أربعة أمثال تخانتها وهى نسبة لا ينشأ عنها أى تقويض أو ترخيم مرن تحت فعل قوة الانفجار يحدث عنه اجهادات انثناء فى البلاطة .

(٧) يدل كل ما سبق شرحه على أن تحديد نوع الاجهادات التى تحدث فى الأسقف الواقية ومقدارها إنما يتأتى بمعرفة التقويض الحقيقى الذى ينشأ عن قوى التصادم والانفجار الناشئة عن القنبلة أو القذيفة .

وفى هذا المقام يمكننا أن ندلى بالبيانات الآتية :

— إن أول مرة ضرب فيها قبو من الخرسانة المسلحة كان بسمك ١٫٥٠ متر فى أحد أقبية حصن بورت آرثر فى سنة ١٩٠٤ وقد أظهرت إصابته بالقذائف من عيار ٢٨ سم ما يأتى : —

ا) من سطح الأرض الخارجى إلى سطح القبو نفسه حفرت القنبلة مخروطاً من الأرض قطر قاعدته ١٫٨٠ متر وابتدأ انفجارها عندما اصطدمت بجسم القبو الخرسانى (شكل ١٢)

ب) فى السطح الداخلى للقبو سقطت بعض أجزاء الخرسانة بسمك ٣٠سم

وبمتابعة عمل التجارب على نمط هذا الحدث على أقبية تتراوح أسماكها من ١٫٥٠٠ مترا إلى ٢٫٧٥ متراً لايجاد علاقة بين فعل مفرقع البروكسلين وانفجار القنابل التى توضع فوق العقد وبين سمك العقد نفسه ظهر أنه من الممكن حساب مقدار المفرقع الذى يصمد له قبو ذو سمك معين دون أن متطاير من سطحه الداخلى سوى جزئيات صغيرة من الخرسانة وبذلك تعد مناعته كافية . .

فبانفجار المفرقع ينشأ عن ضغط الغاز الساخن ما يأتى (شكل ٧)

١ — تهشيم الخرسانة على شكل مخروط ارتفاعه ه

٢ــ اهتزاز شديد فى الأجزاء السليمة تحت قاع المخروط : ومن الواضح أن ضغط غاز الانفجار يتساوى مع مقاومة الخرسانة للكسر عند قاع مخروط التهشيم وهو ابتداء المنطقة التى ظلت سليمة . وهذا الضغط يتشعب فى جسم الخرسانة على شكل موجات كروية متحدة المركز ومركزها هو مركز ثقل الشحنة ويتناسب ما يحدثه من اجهاد عكسيا مع مساحات هذه هذه الكرات أى عكسيا مع مربعات أنصاف الأقطار . وحالما يتعدى الاجهاد الداخلى فى الخرسانة مقاومة الشد لها ينفصل الجزء المعرض لمثل هذا الاجهاد ويسقط .

فى شكل (١٣)

ا = المسافة بين مركز ثقل شحنة مفرقع رتبت على شكل مكعب وبين سطح القبو الخارجى

$هـ_١$ = عمق مخروط التهشيم بعد الانفجار

$ر_١$ = نصف قطر تجويف التهشيم على فرض أن مركزه هو مركز ثقل المفرقع

(هـ) = سمك القبو

ر = نصف قطر السطح الكروى الذى يمس السطح الداخلى للقبو

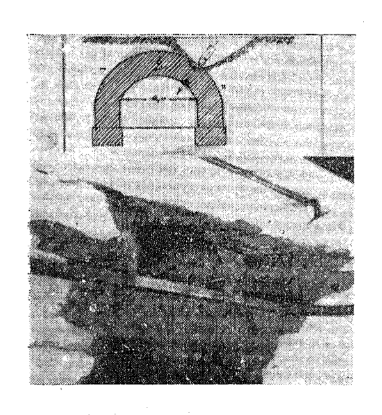
$م_{ض}$ = مقاومة الخرسانة للضغط عند قاع المخروط

$م_{ش}$ = مقاومة الخرسانة للشد عند السطح الداخلى للقبو ومنه

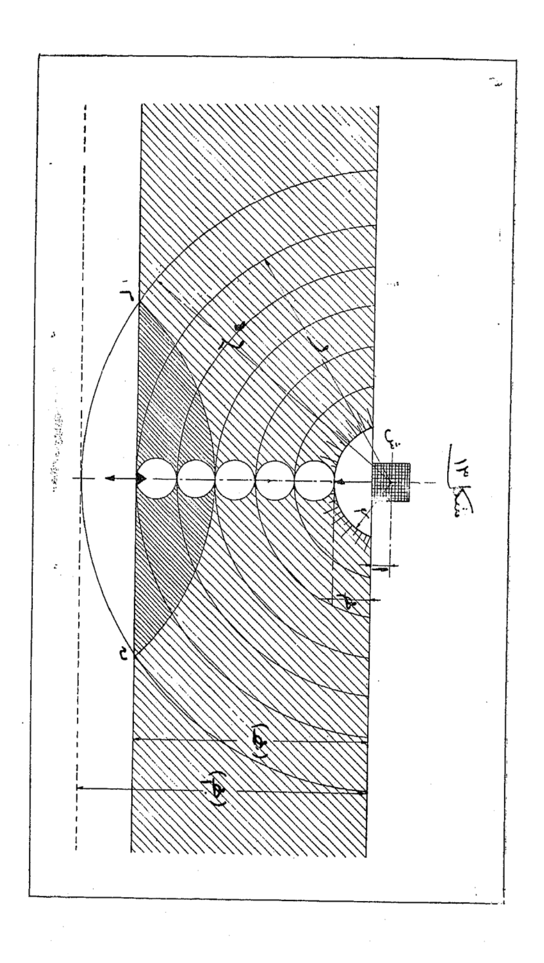
$ر_١ = هـ_١ + ا$

$ر = (هـ) + ا$

وتعطى تجارب معامل اختبار المواد النسبة بين مقاومتى الضغط والشد للخرسانة مختلفة الأنواع بحوالى من ٨ إلى ١٢ أى بمتوسط ١٠ تقريبا



(شکل ۱۲)



أى أن $\frac{\text{م}_{\text{ض}}}{\text{م}_{\text{ش}}} = \text{ف} = ١٠$

ومن جهة أخرى فان مقدار الاجهاد فى الخرسانة على الأبعاد المختلفة من قاعدة المخروط يتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر . وعليه فان

$$\frac{\text{م}_{\text{ض}}}{\text{م}_{\text{ش}}} = \frac{\text{ر}^{٢}}{\text{ر}_{١}^{٢}} = \frac{(\text{هـ} + \text{ا})^{٢}}{(\text{هـ}_{١} + \text{ا})^{٢}} = \text{ف}$$

$$\therefore (\text{هـ}) = (\text{هـ}_{١} + \text{ا}) \sqrt{\text{ف}} - \text{ا}$$

وبوضع ف = ١٠ نحصل على

$$(\text{هـ}) = \text{١٦ر٣} \, \text{هـ}_{١} + \text{١٦ر٢} \, \text{ا} \qquad (٣)$$

ومن المعادلة الأولى فان عمق مخروط التخريب $\text{هـ}_{١} = \text{٢٢ر٠} \sqrt[٣]{\text{ش}}$

والمسافة بين مركز ثقل الشحنة للمفرقع وسطح القبو مقدارها نصف ارتفاع المكعب

أو $\text{ا} = \sqrt[٣]{\frac{\text{ح}}{٢}}$ وح هنا هى حجم المكعب

أو $\text{ا} = \frac{١}{٢} \sqrt[٣]{\frac{\text{ش}}{\text{و}}}$

ش ، و يدلان على وزن الشحنة والوزن النوعى لمادتها

$$\therefore \quad \text{ا} = \text{٠٠٥٠ر} \sqrt[٣]{\frac{١٠٠٠ \, \text{ش}}{\text{و}}} \text{ متراً}$$

فللتروتيل مثلا الذى وزنه النوعى ٦ر١ فان

$$\text{ا} = \text{٠٤٣ر٠} \sqrt[٣]{\text{ش}} \text{ متراً}$$

وبتعويض هذه القيمة فى المعادلة (٣) فان

هـ = ١٦ر٣ × ٢٢ر٠ ٣√ش + ١٦ر٢ × ٠٤٣ر٠ ٣√ش

أو (هـ) = ٧٨٨ر٠ ٣√ش (٥)

(هـ) بالمتر ؟ ش بالكيلو جرام

من هذه المعادلة يمكن أن نحسب لكل شحنة من التروتيل سمك القبو الذى يبتدئ فيه ظهور آثار التخريب عند الانفجار أى الذى تتطاير من سطحه الداخلى بعض الجزئيات من الخرسانة .

والقنبلة التى تلقى من الطائرة (شكل ١٤) تنفذ فى الخرسانة إلى عمق معين هـ ثم تنفجر بعد ذلك . ومما سبق شرحه فان جزء الشحنة الذى يعمل على نسف السقف عند الانفجار مقداره ٢٠٪ فقط من مجموع الشحنة . وعليه فانه عند حساب سمك الخرسانة للقبو من المعادلة رقم (٥) توضع

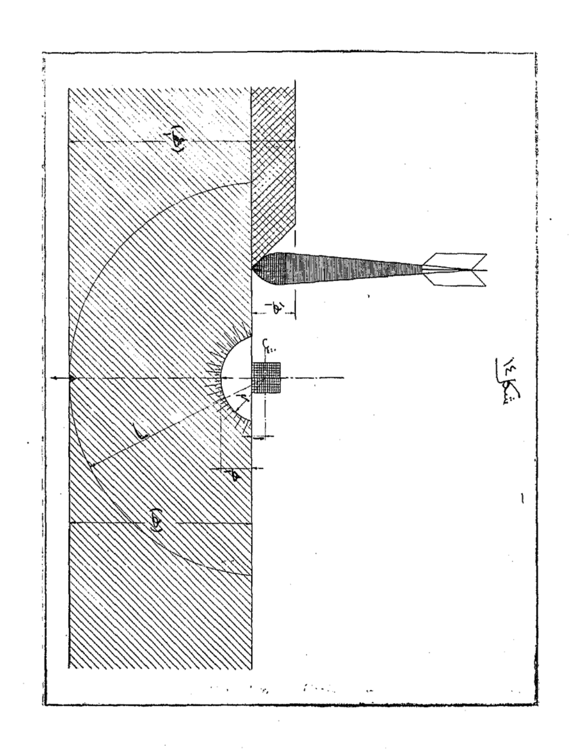
(١) ش مساوية ٢٠٪ من وزن المفرقع

(٢) مقدار الشحنة للمفرقع باعتبار أنها على شكل مكعب موضوع على عمق من السطح مقداره هـ ١ وهو مقدار العمق الذى حفرته القنبلة قبل انفجارها .

فالقنبلة وزنها ٣٠٠ كيلو جراما ووزن شحنتها ١٧٠ كيلو جراما من التروتيل فان

ش = ٢٠ر٠ × ١٧٠ = ٣٤ كيلو جراما

ح = ٣٤٠٠٠ / ٦ر١ = ٢١٢٥٠ سم٣



شكل ١٤

وبعد مركز الثقل من قاعدة مخروط التخريب

$$ا = \frac{\sqrt[3]{٢١٢٥٠}}{٢} = ١٤ \text{ سم}$$

فبالتعويض فى المعادلة رقم (٢) نحصل على مقدار عمق المخروط $ه_١$ الناتج عن انفجار ٣٤ كيلوجراما تروتيل بمقدار ٧١ر٠ متراً وعمق مخروط التصادم لقنبلة من وزن ٣٠٠ كيلو جرام $ه'_١$ = ٧٥ر٠ متر

وعليه فان السمك المطلوب لقبو من الخرســـانة لقنبلة وزنها ٣٠٠ كيلو جراما ليقاوم فعل التصادم والانفجار معاً هو

$$(ه) = ١٦ر٣ ه_١ + ١٦ر٢ ا + ه'_١$$

$$= ٢٨ر٣ \text{ مترا}$$

وعلى العموم فان سمك الأقبية الخرسانية اللازمة لمقاومة قنابل الطائرات أياكان نوعها هو

$$(ه) = ٧٨٨ر٠ \sqrt[3]{ش} + ه'_١ \qquad (٦)$$

وفيه ش = ٢٠ر٠ من وزن الشحنة للمفرقع

$ه'_١$ = عمق مخروط التخريب الناتج عن تصادم القنبلة

وقد عمل الجدول ٣ بناء على هـذه المعادلة لقنابل الطائرات من وزن ٥٠ الى ١٠٠٠ كيلو جراما لخرسانة الأسمنت التى تحوى ٤٠٠ كيلو جراما فى المتر المكعب من الخرسانة .

جـدول رقم (٣)

$$(هـ) = ٠ر٧٨٨ \sqrt[٣]{ش} + هـ_١$$

وزن القنبلة ك بالكيلو جرام	وزن الفرقع ش بالكيلو جرام	وزن الفرقع الناسف = ٢ر٠ ش بالكيلوجرام	عمق مخروط الترشيم نتيجة التصادم هـ٢ بالمتر	سمك الخرسانة المقاومة الانفجار هـ١ بالمتر	سمك الخرسانة المقاومة للانفجار والتصادم (هـ) بالمتر	سمك الخرسانة المسلحة = ٧ر٠ (هـ) بالمتر
٥٠	٢٣	٦ر٤	٠ر[illegible]٥	١ر٣١	١ر٦٦	١ر١٦
١٠٠	٥٠	١٠	٠ر٥٠	١ر٦٩	٢ر١٩	١ر٥٣
٣٠٠	١٧٠	٣٤	٠ر٧٥	٢ر٥٥	٣ر٣٠	٢ر٣١
٥٠٠	٣٠٠	٦٠	٠ر٩٠	٣ر٠٨	٣ر٩٨	٢ر٧٨
١٠٠٠	٦٨٠	١٣٦	١ر١٠	٤ر٠٥	٥ر١٥	٣ر٦٠

نرى من المعادلة (٣) أن سمك خرسانة السقف يتوقف لدرجة كبيرة على عمق مخروط التهشيم فان ازدياد هذا العمق ٣ر٠ من المتر يوجب زيادة سمك السقف ٣٠ر٠ × ٣و١٦ = ٩٥و٠ متراً

فللوصول إلى تخانات أقل للسقف يجب فى هذه الحالة عمل الطبقة العليا منه من مادة أكبر مقاومة للتفتت ويتأتى ذلك إما باستعمال أسمنت عالى المقاومة فى هـذه الطبقة أو بتزويدها بتسليح من الحديد يزيد فى مقاومة الخرسانة لتصادم القنابل وانفجارها . ففى حالة المواد التى يتساوى فيها مقاومتى الضغط والشد كما هو الحال فى الصلب فان النسبة تؤول إلى الواحد الصحيح وعليه فان المعادلة :

$$(هـ) = (هـ_١ + ١) \sqrt{ف} - ١$$ تؤول إلى

$(ه) = (ه_1 + ١) - ١ = ه_1$

أى ان سمك اللوح الصلب يساوى عمق مخروط التهشيم ومعنى هـذا أنه لا يتطاير من اللوح شيء من جزئيات سطحه الأسفل ولكنه ينثقب

ويمكن تشبيه الأجزاء السليمة التى تبقى تحت مخروط التهشيم بصف من الكرات المرنة المتلاصقة (شكل ١٣) فاى طرقة على الكرة العليا تنتقل بواسطة الكرات المتتالية إلى أن تصل الى الكرة النهائية فى السطح الداخلى للقبو . فاذا فاق الاجهاد الناشيء عن الطرقة حدود مقاومة الخرسانة للشد انفصل هذا السطح عن بقية القبو .

وزيادة وزن الشحنة ش للمفرقع التى ينتج عنها حسب المعادلة رقم ٦ ابتداء تطاير جزئيات الخرسانة من السطح الأسفل للقبو تحت مخروط التهشيم نحصل على منطقة جديدة أكبر نطاقا للتفتت تتعين بنصف القطر $ر_1$ (شكل ١٣) ونصف القطر الجديد هـذا يقطع السطح الأسفل فى نقطتين م ، ن وعليه فان الخط الجديد لماكان يجب أن يصل اليه سمك القبو هو المبين بالخط المنقط . والذى يتوقع هو سقوط كل هذه المنطقة حيث أن إجهاد الشد فيها يتجاوز مقاومة الشد للخرسانة ويتكون أيضاً على السطح الأسفل للقبو مخروط عكسى يقع تحت المخروط الأعلى تماما (شكل ١٥) .

وقد دلت التجارب على انه بزيادة مقدار المفجر يزداد تبعاً لذلك حجم المخروط السفلى الذى يتساقط من قبو بسمك ١٠ر٢ متراً إلى ثلاثة عشر أضعاف حجم المخروط العلوى .

ففى الحالة المتقدمة المبينة بشكل (١٥) لم يبق من تخانة القبو التى بلغت ٢ر١٠ متراً سوى ١٥ر متراً من الخرسانة بين المخروطين العلوى والسفلى .

يتضح مما تقدم ما يأتى :

١) تحدث قوة الانفجار منطقتين من التخريب فى القبو الخرسانى . المنطقة العليا وتنشأ عن تطاير خرسانة السطح العلوى والمنطقة السفلى بحجم أكبر نتيجة لتشريخ الخرسانة بفعل تجاوز الاجهادات لمقاومة الشد فيها وتقع تحت المنطقة العليا تماما .

٢) ان فعل هذين التهشيمين هو موضعى ويعمل على ثقب القبو .

٣) ان الخطر الأكبر على العقد إنما يتأتى من التهشيم الذى يحدث فى السطح الداخلى الذى ينشأ عن ضعف مقاومة الخرسانة للشد ولندرس الآن الطرق العملية لمعالجة نقطة الضعف هذه لصيانة القبو من خطرها

وهناك أربعة حلول ممكنة (شكل ١٦)

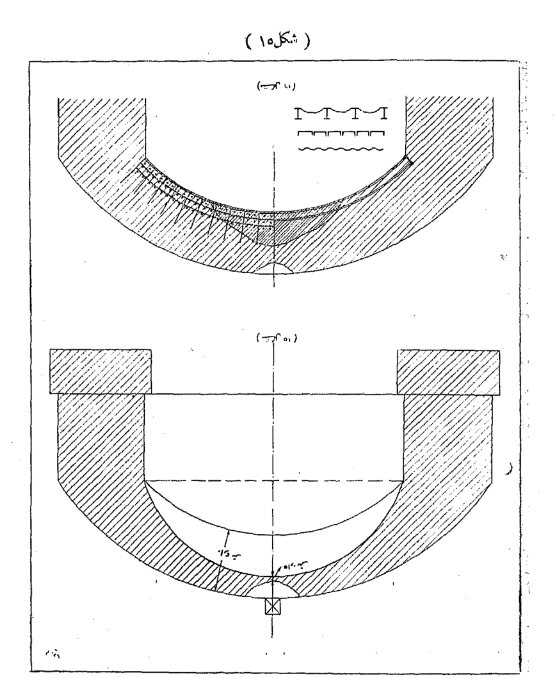
١) تدعيم السطح الأسفل للقبو بتسليح من الشبك المعدنى يربط فى جسم العقد بكانات من الحديد .

٢) عمل الجزء الأسفل من العقد من الخرسانة المسلحة بسمك معين (ا)

٣) عمل تجليد للقبو من الداخل لحفظ الخرسانة من السقوط (ب) وهذا يمكن عمله إما برص كمرات مجرة مقوسة بجانب بعضها أو بوضع كمرات I مقوسة على مسافات معينة وملء ما بينها بألواح من الصاج المقوسة أو بتبطين القبو بألواح مموجة سميكة .

٤) إن خير حل لمنع التخريب هو الاجتهاد ما أمكن فى منع وصول الاهتزاز من السطح العلوى الخارجى الى السطح السفلى الداخلى للقبو . ويمكن الوصول إلى ذلك بالاستعاضة عن طبقة الخرسانة الوسطى للعقد بطبقة من الرمل فان هذا يعمل على تلاشى انتقال الاهتزاز إلى الطبقات

(شكل ١٥)



(شكل ١٦)

الخرسانية المرنة أسفله وشكل (١٧) يبين قطاع لسقف حصن نموذجى استعمل إبان الحرب الكبرى . وقد صممت مثل هذه الحصون لأهول أنواع الضرب من مدافع مرزر الألمانية من عيار ٥ر٣٠ سم ، ٤٢ سم (حصون فردان واوسوفز) . البلاطة العليا من الخرسانة المسلحة بسمك مترين إلى مترين ونصف تحملت قوة التصادم والانفجار للقنابل كأنها الدرع الواقى فقد سلحت تسليحاً مخصوصاً فى ثلاثة جهات أى طوليا وعرضيا ورأسيا .

وبلغ سمك طبقة الرمل مترين . ولما كانت ذرات الرمل عديمة التماسك فان كل اهتزاز علوى كان يتلاشى بين طيات جزئياتها ولا يصل إلى الطبقات السفلى من السقف . وعملت هذه الطبقة فوق ذلك على توزيع الضغوط المتركزة على مساحات أكبر من سطح القبو تحتها على شكل حمل استاتيكى منتظم التوزيع تقريبا فمنعت بذلك تطاير الخرسانة من السطح الأسفل للقبو . وقد اكتفى فى هذه الحالة بعمل العقد الخرسانى بسمك ٥ر٠ إلى ٦ر٠ متراً أو الاستعاضة عنه بعقد من الطوب بسمك ١ إلى ٢٥ر١ مترا ليتحمل طبقة الرمل والبلاطة التى رصت فوقه .

ويجب فى هذه الحالة ألا تنفذ أى قنبلة من البلاطة الخرسانية فانه إذا انحصر انفجارها فى المنطقة التى بين البلاطة والعقد عملت البلاطة على مقاومة تمدد غاز الانفجار فيعمل هذا بكامل قوته على العقد الذى اسفله فيتضاعف خطره نظرا لضعف هذا العقد ، لذلك عدل عن اتباع هذا الترتيب فى بناء الحصون الحديثة وفضل عنها عمل سقف واحد سميك من الخرسانة المسلحة

وقد اثبتت الخبرة المكتسبة فى الحرب السابقة صلاحية ما سبق شرحه من تدعيم السطح الداخلى للقبو بتسليح من الحديد كما فى شكل (١٦)

ونظراً لعظم مقاومة هذا التسليح ومتانته فانه يمكن به زيادة الاقتصاد فى سمك العقد نفسه عن الابعاد التى تعطيها المعادلة (٦).

فللخرسانة العادية التى تحوى ٤٠٠ كيلو جراما من الخرسانة لكل متر مكعب منها فان المعادلتين (٣، ٦) والجدولين (١)، (٣) تعطى سمك الخرسانة للاسقف لتحمل القنابل من وزن ٥٠ إلى ١٠٠٠ كيلو جراما وللبلاطات والأقبية من الخرسانة المسلحة يمكن اختصار هذه الأبعاد إلى ٧٠٪ وللخرسانة ذات الأسمنت عالى المقاومة فان النسبة بين مقاومتها للضغط وللشد هى ف=٨ وعمق مخروط التخريب الناتج عن الانفجار وحده بدون التصادم $هـ_١ = ٠٫١٧٥ \sqrt[٣]{ش}$

وعليه فان فى حساب سمك الخرسانة حسب المعادلة الثالثة

$$(هـ) = (هـ_١ + ١) \sqrt[٣]{٨} - ١$$

$$أى\ (هـ) = ٢٫٨٣\ هـ_١ + ١٫٨٣\ ١ \qquad (٧)$$

وبوضع قيمة ا من المعادلة (٤)

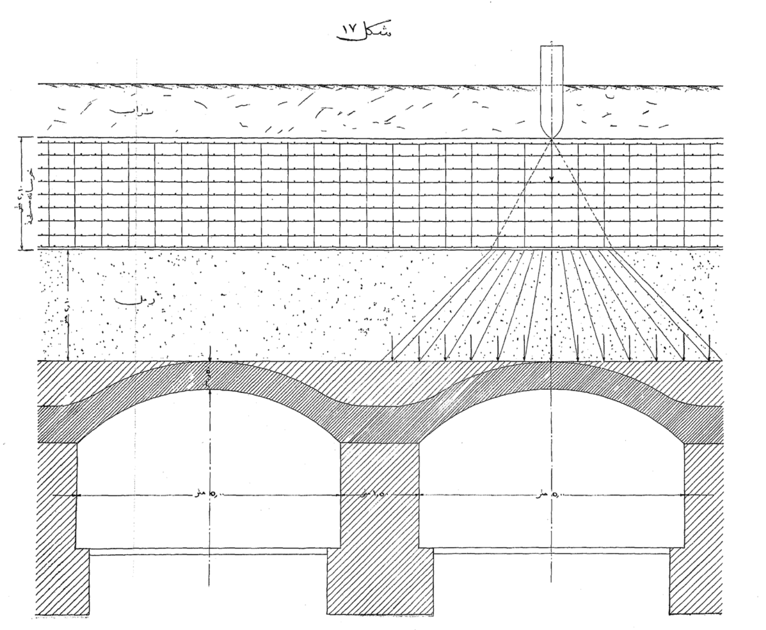
$$فان\ (هـ) = ٢٫٨٣ \times ٠٫١٧٥ \sqrt[٣]{ش} + ١٫٨٣ \times ٠٫٠٤٣ \sqrt[٣]{ش}$$

$$أى\ (هـ) = ٠٫٥٧٤ \sqrt[٣]{ش} \qquad (٨)$$

وهو السمك اللازم فى حالة استعمال الأسمنت عالى المقاومة وبمقارنة المعادلتين (٥)، (٨) نجد أن النسبة بين السمك اللازم فى حالة استعمال الأسمنت عالى المقاومة وفى حالة استعمال الأسمنت العادى هى:

$$\frac{(هـ)}{(هـ)} = \frac{٠٫٥٧٤ \sqrt[٣]{ش}}{٠٫٧٨٨ \sqrt[٣]{ش}} = ٠٫٧٢$$

وهذا يدل على أنه باستعمال الأسمنت عالى المقاومة بدلا من الأسمنت العادى يمكن اختصار من ٢٥ إلى ٢٨٪ من سمك الخرسانة.



شكل ١٧
تراب
خرسانة مسلحة
٢,١٠ متر
رمل
٥,٠٠ متر
١,٥٠ متر
٥,٠٠ متر

ويكون سمك القبو لمقابلة جميع أنواع قنابل الطائرات

$$(هـ) = ٥٧٤ر\sqrt[٣]{ش} + هـ$$

وفى هذه المعادلة ش = ٢ر٠ من وزن الشحنة

« هـ = عمق مخروط التهشيم بالمتر

جدول رقم (٤)

$$هـ = ٥٧٤ر\sqrt[٣]{ش} + هـ$$

وزن القنبلة ك بالكيلو جرام	وزن المفرقع ش بالكيلوجرام	وزن الشحنة الناسفة ٢ر٠ ش بالكيلو جرام	عمق مخروط التصادم هـ بالمتر	سمك الخرسانة لمقاومة الانفجار هـ بالمتر	سمك الخرسانة لمقاومة التصادم والانفجار هـ بالمتر	سمك الخرسانة المسلحة ٠ر٧ هـ
٥٠	٢٣	٦ر٤	٠ر٣٢	٠ر٩٤	١ر٢٦	٠ر٨٨
١٠٠	٥٠	١٠	٠ر٤٥	١ر٢٢	١ر٦٧	١ر١٧
٣٠٠	١٧٠	٣٤	٠ر٦٨	١ر٨٤	٢ر٥٢	١ر٧٤
٥٠٠	٣٠٠	٦٠	٠ر٨١	٢ر٢٢	٣ر٠٢	٢ر١١
١٠٠٠	٦٨٠	١٣٦	٠ر٩٩	١ر٩٢	٣ر٩١	٢ر٧٤

ويعطى الجدول رقم (٤) الأرقام الخاصة بالأسمنت عالى المقاومة فالخانة السابعة من الجدولين (٣) و(٤) تعطى لمختلف الأنواع من الخرسانة السمك اللازم لمقاومة القنابل من وزن ٥٠ كيلوجراما سقف سمكه ١٦ر١ متراً و٨٨ر٠ متراً على التوالى . ولمقاومة القنابل من وزن ٣٠٠ كيلو جرام ٣١ر٢ متراً و٧٤ر١ متراً .

ومن الواضح أن سمك البلاطة من الخرسانة المسلحة يتوقف على نوع التسليح التى تزود به ومقداره .

وقد حددت المواصفات البريطانية للأسقف الواقية الخرسانة المسلحة بخرسانة الأسمنت التى تحوى ٤٠٠ كيلو جراما من الأسمنت لكل ٠٫٤ م٣ من الرمل و٠٫٨ م٣ من الزلط وتعطى مقاومة كسر أقلها ١٧٥ك / سم٣ بعد سبعة أيام و٢٨٠ ك / سم٢ بعد ٢٨ يوم .

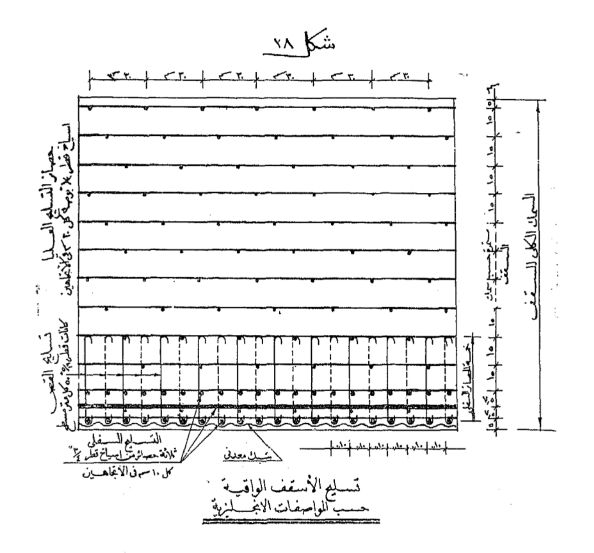
أما التسليح فيكون على الصورة الآتية :

تترك طبقة خرسانية بسمك خمسة سنتيمترات كغطاء علوى ثم يرص التسليح على شكل حصائر متتالية على بعد أقصاه ١٥ سم من بعضها وترتب فيها الأسياخ فى اتجاهين متعامدين . ويجب ألا يقل مقدار الحديد عن ٤٣ كيلو جراما فى المتر المكعب من الخرسانة فباستعمال أسياخ قطر ½ بوصة توضع هذه على أبعاد ٣٠سم من بعضها وتقل هذه المسافة إلى ١٧سم باستعمال أسياخ قطر ⅜ بوصة .

أما الثلاثة طبقات السفلى من التسليح فتعمل كل منها من أسياخ قطر ¾ بوصة تبعد عن بعضها ١٠ سم . وتوضع الطبقات على مسافات ٧٫٥ فوق بعضها وترتب أسياخ الطبقتين العليا والسفلى منها فى اتجاه الفتحة الصغيرة والوسطى فى اتجاه الفتحة الطويلة .

ويرتب تسليح مقاومة القص من كانات رأسية تربط الخمسة طبقات السفلى ببعضها ويجب ألا تقل مساحة قطاعاتها العرضية فى مجموعها عن ٠٫٢ ٪ من المساحة العرضية للخرسانة أى ٢٠ سم٢ فى المتر المسطح وهذا يعطى حوالى ٤٠ سيخا قطر ⁵⁄₁₆ بوصة (شكل ١٨)

شكل ٢٨



تسليح الأسقف الواقية
حسب المواصفات الانجليزية

٢ ــــ القلاع والحصون

يرجع الفضل الأكبر إلى اكتشاف القيمة الفنية العالية للخرسانة كمادة لبناء الحصون إلى حصار بورت آرثر سنة ١٩٠٤، ١٩٠٥ . عملت أقبية حصون هذا الثغر بسمك ٩١ سنتيمتراً . فعندما حاصرها اليابانيون حاولوا دكها بمدافع من عيار ١٥سم فلم يجدهم ذلك فتيلا . فلم يزد فعلها على عمل بعض التهشيم السطحى للخرسانة وظلت هذه الحصون حافظة لكامل قوتها . وحتى فى المواقع التى تكررت فيها الاصابة لم يزد ما حل بها عن بعض كسور موضعية كانت تعالج أثناء الليل بوضع أكياس من الرمل عليها (شكل ١٩)

اضطر المحاصرون إزاء ذلك إلى استعمال مدافع أقوى من عيار ٢٨سم من مدافع دوارعهم ولكن ذلك لم يأت بنتيجة حاسمة فان اصابة قنبلة من هذا العيار موضع كان مغطى بمتر ونصف من التراب لم تعمل سوى تهشيم مخروط من الخرسانة عمقه ٢٣ سم وأحدثت فى القبو عدة شروخ طويلة فى السطح الداخلى .

ولكن قنبلة أخرى نفذت فى السقف الخرسانى وأصابت حجرة قائد الحصن الروسى وأركان حربه فأودت بحياتهم . عند ذلك قبض على مهندس الحصن وسيق إلى المحكمة العسكرية بتهمة أن البناء الذى تم تحت إشرافه ظهرت عليه بوادر الضعف وقررت المحكمة ظلما إدانته إذ أن الأسقف بسمك ٩١ سم كانت مبنية لتقاوم القذائف من عيار ١٥ سم فقط

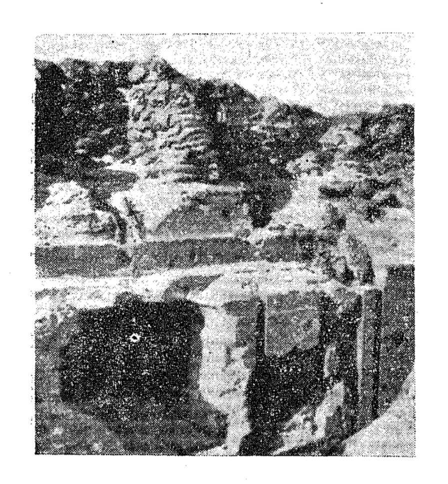
وقد روعى فى بناء الحصن الاعتناء التام بعمل الخرسانة فاظهرت حقيقة أنها مادة جديرة بالثقة ففندت بذلك الزعم القائل أنه من الممكن دك هذه

الحصون وتحويلها إلى أطلال بالية فى وقت قصير بضربها بالمدافع الثقيلة .

تلا ذلك العصر ما بين حصار بورت آرثر إلى سنة ١٩١٤ . أن ماعمل من أبحاث فى بحر هذه المدة مضافا اليه النتائج العملية التى شوهدت فى حصون بورت آرثر أثبتت أن استمرار التماسك التام لجميع أجزاء جسم الحصن الخرسانى وهو الشرط الأساسى الذى تتوقف عليه مناعة الخرسانة لفعل القنابل لا يمكن ضمانه فانه ينتج عن قوة الاصابة وما يتلوها من فعل الانفجار ابتداء ظهور آثار التخريب نتيجة ضعف التماسك بين أجزاء الخرسانة فى مواضع وصلات الصب ويتضح ذلك جليا من حدوث الشقوق الأفقية . ثم إن ضعف مقاومة الخرسانة للشد والقص ينشأ عنه شقوق رأسية طولية وعرضية .

وحدوث مثل هذه الشقوق خصوصا فى المواقع التى لا يستحب وقوعها فيها بتاتا ثم الازدياد المطرد فى قوة المدافع واشتراك الطائرات بقنابلها الثقيلة فى عوامل التخريب كل ذلك حتم تفضيل استعمال الخرسانة المسلحة إذ يمكن فيها سد النقص الذى فى الخرسانة بحديد التسليح . ولتحاشى الشروخ أيا كانت يجب ترتيب التسليح فى ثلاثة جهات متعامدة .

وقد أدى البحث الذى عمل لتحديد أنسب القطاعات العرضية لحديد التسليح أنه من الخطر استعمال حدائد ذات قطاع عرضى كبير كالكمرات الثقيلة لهذا الغرض إذ ظهر أنه عند اصابة القنبلة تهتز هذه الأجزاء المعدنية الثقيلة بدرجة أكبر من باقى الجسم الخرسانى ونظراً لضعف التماسك بين الجسمين فانه يتلو ذلك حدوث انفصال بينهما ولذا فان استعمال أى تسليح خلاف الحديد العادى المبروم غير ملائم من جميع الوجوه . وقد عززت التجارب ذلك كما يتضح ذلك جليا من دراسة فعل عدة قنابل من عيار



(شكل ١٩)

١٥سم على حائط تجربة من الخرسانة المسلحة (شكل ٢٠ ، ٢١) فقد كان تهشيم السطح الأمامى كاملا بينما لم يزد ما حل بالسطح الخلفى على عدة شروخ صغيرة .

فحديد التسليح يزيد فى مقاومة الخرسانة لنفاذ القنبلة وما يتلو ذلك من تقليل فعل النسف كما تعمل شبكة تسليح السطح الخلفى على احتفاظ هذا السطح بتماسكه (وشكل ٢٢ ، ٢٣) يظهر جليا الفرق بين فعل القنابل الثقيلة على الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة . فبينما تنهار الحائط الخرسانية ذا بالتخريب فى الخرسانة المسلحة ينحصر فى موقع التصادم دون أن يتشعب إلى بقية جسم الحائط .

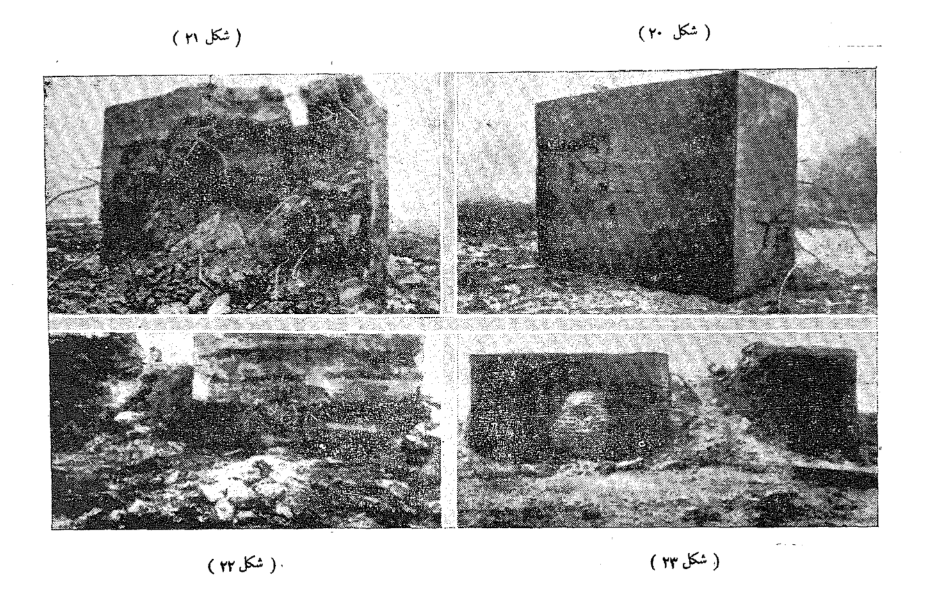
ويتضح من (شكل ٢٤) الخطر الناشىء من ضعف تسليح السطح الأسفل للقبو فيرى هنا أثر فعل قنبلة من عيار ٢٧ سم فقد تبع حدوث مخروط التهشيم العلوى تخريب قوى فى السطح الأسفل وذلك لعدم كفاية الشبكة المعدنية من السلك الممدد التى سلح بها هذا السطح .

ومما يسترعى النظر هنا تطاير الخرسانة مع بقاء الشبك المعدنى دون أن تنتزعه معها . وهذه الظاهرة هى تأييد قوى للنظرية القائلة إن خرسانة السقف تنقلب تحت الضربة الفجائية إلى مجموعة من الكرات المرنة المتلاصقة فتعمل الضربة على فك التلاصق الذى بينها فتتساقط الواحدة تلى الأخرى ففى منطقة التخريب السفلى كانت مقاومة الحديد أكبر بكثير من قوة التلاصق بين جزئيات الخرسانة وبعضها فصمد للضربة حيث انهارت هى . وهى ظاهرة لا تمت لفعل التحميل الاستاتيكى بشىء

وقد استخلص كثير من الخبراء خطأ مما شاهدوه من سرعة انهيار الحصون البلجيكية أمام نيران مدافع الألمان الضخمة من عيار ٣٠٫٥ سم ،

و٤٢ سم (برتا الكبيرة) (شكل ٢٥) ان الخرسانه مادة ليست أهلا لبنا الحصون ولكن الألمان أنفسهم لا يعزون سقوط هذه الحصون إلى قوة مدافعهم ولكنهم يقرون أن تبعة هذا الضعف إنما يرجع إلى رداءة نوع الخرسانة نفسها فقد أظهر اختبار هذه الحصون بعد الاستيلاء عليها أن هناك أخطاء فادحة فى عمل الخلطات الخرسانية فكثيراً ما كانت توجد طبقات من الزلط أو الرمل أو الأسمنت الخالص بين طيات الخرسانة بينما كان حديد التسليح مصفوفا بغير نظام وكثيراً ما انعدمت قوى الالتصاق بينه وبين الخرسانة فى معظم المواضع . وكثير من هذه الحصون كان مبنيا بخرسانة الجير والرمل أو الأسمنت الطبيعى الذى كان شائع الاستعمال فى بلجيكا قبل الحرب . فلم تجد تحت هذه الظروف التخانات الكبيرة التى عملت بها بعض أسقف الحصون شيئا فكانت فريسة للمدافع الألمانية الضخمة وشكل (٢٦ ، ٢٧) يظهر نفاذ قنبلة من عيار ٤٢ سم فى خرسانة سقف سمكها ٣٫٥ متراً .

ولم تستعمل الخرسانة المسلحة إلا لحماية مقدم الحصون المصفحة وشكل (٢٨ ، ٢٩) يبين مظهر هذه الحصون فى حالة قفل الدرع وفى حالة رفعه استعداداً لاطلاق المدافع ولكنها فى معظم الأحوال لم تكن خرسانة مسلحة بالمعنى الصحيح بل كانت عبارة عن أكوام من الزلط والرمل والأسمنت رصت على عجل وألقى فى وسطها بعض الاسياخ من الحديد بل وقد عمل كثير منها برمى شكائر اسمنت برمتها حول الاسياخ فكانت تتطاير أمام قنابل الألمان (شكل ٣٠ ، ٣١) أما ما عمل منها بعناية فقد صمد لقصف هذه المدافع وشكل (٣٢) يبين احداها ولم تخرج منه القنابل من عيار ٣٠٫٥ سم بطائل .

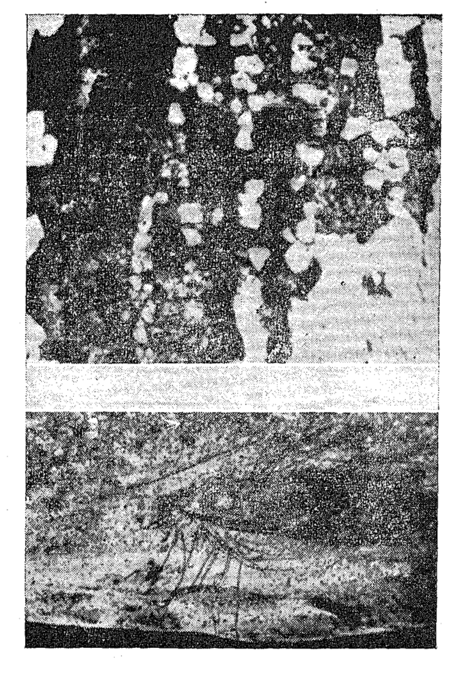


(شكل ٢٠)

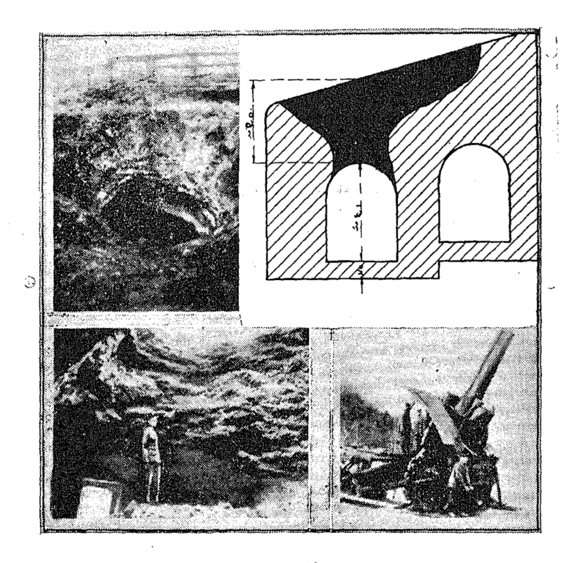
(شكل ٢١)

(شكل ٢٢)

(شكل ٢٣)



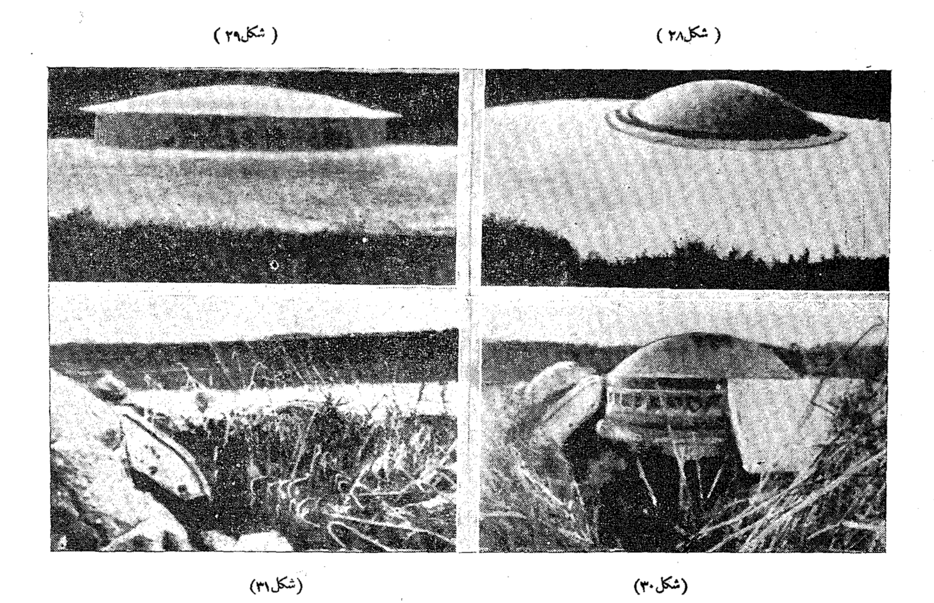
(شكل ٢٤)



(شكل ٢٥)
(شكل ٢٦ ، ٢٧)

(شكل٢٨)

(شكل٢٩)

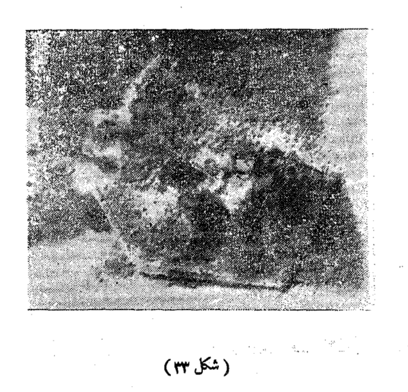


(شكل٣٠)

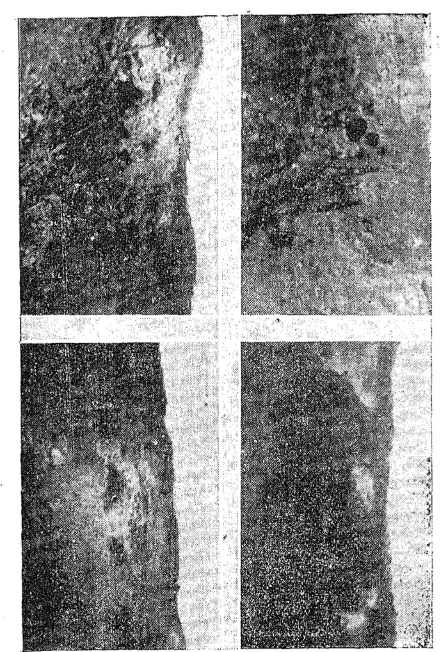
(شكل٣١)



(شكل ٣٤)



(شكل ٣٣)



(شكل ٣٤)

وخير انتصار للخرسانة انما كان فى تلك الحصون الرهيبة التى لا يسع المرء إذ يقف أمام اطلالها الا أن يطأطىء الرأس احتراما واجلالا لأولئك الأبطال الذين وقفوا فيها مدافعين دفاعا مرا أمام عدو كاسر جبار تلك هى حصون فردان وأخصها بالذكر حصن دومون .

كان هذا الحصن فى وقت ما حمة بركان ثائر أو جحيما مستعر فقد أصلاه الألمان بما عدته ١٢٠٠٠٠ قنبلة منها ٢٠٠٠ فاقت أعيرتها ال ٢٧ سنتيمترا . وشكل (٣٣) يبين صورة أخذت من الجو للحصن أثناء ضربه وشكل (٣٤) يبين الحصن بعد هذه المأساة وقد انقلب إلى أطلال بالية طمرت تحت الأتربة التى أطاحت بها القنابل إلى عنان السماء ومع ذلك فقد احتفظ بالكثير من معالمه وبقى له الشيء من مناعته وظل قذى فى عين أعدائه وشوكة فى ظهرهم واستحق بجدارة ما قاله فيه بوانكاريه رئيس وزارة فرنسا أبان الحرب حينما زار خطوط الدفاع اذ نعته بأنه الصخرة التى سوف تتحطم عليها آمال القيصرية الألمانية .

ويعترف الألمان ان استيلائهم على مثل هذه الحصون لم يكن لوهن فى مناعتها أو ضعف فى القائمين بالدفاع فيها بل كان فى الغالب لنفاذ الذخيرة والمؤن من المدافعين .

وشهد العالم بحق ان الخرسانة هنا قامت بتأدية رسالتها كاملة بل فاق ما أظهرته ما كان ينتظره منها أكثر الناس ثقة بها .

ومن نتائج ضرب حصون فردان استخلص أن الأسقف الواقية من ضرب القنابل من عيار ٤٢ سم يجب أن يكون سمكها ٢٫٥٠ مترا من الخرسانة أو ١٫٧٥ مترا من الخرسانة المسلحة . وقد وصل أقصى نفاذ لهذه القنابل فى الأرض ١٣٫٥ مترا .

والجدول الآتى يبين انواع الحصون ونتائج ضربها فى فردان

جدول عن نتائج ضرب الحصون في الحرب العظمى

سنة ١٩١٤ — ١٩١٨

ويغلب حساب الحصون الحديثة الآن على إمكان إصابتها بالمدافع بثلاثة قنابل فى نفس الموضع . وعلى هـذا الاساس أدت الابحاث إلى أن السمك اللازم للوقاية من فعل تخريب قذائف المدافع الحديثة من عيار ٤٢ سم يبلغ للعقود الخرسانية خمسة أمتار وفى حالة الخرسانة المسلحة للعقود والأسقف ٥ر٣ مترا أى ٧ر٠ من سمك الخرسانة الغير مسلحة .

وفى حالة الغارات الجوية التى لا تستمر إلا برهة قصيرة (من ¼ إلى ½ ساعة) والتى يكون فيها احتمال الاصابة من ارتفاع ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ متر ضئيل جداً يمكن الاكتفاء فى عمل الحساب فرض إصابة الموضع باصابة واحدة .

ولكن الأنباء وافتنا أخيراً بأن الألمان يقومون الآن ببناء مدافع حديثة فى معامل اسكودا من عيار ٤٧ سم وهو خطر جديد يجب الانتباه اليه والاستعداد لمقابلته .

٣ — المعاقل

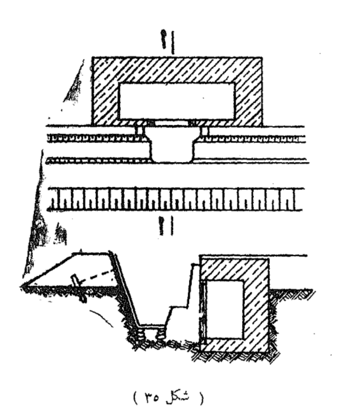
ان الثقة التى نالتها الخرسانة كمادة واقية من ضرب القنابل جعلت المدافعين فى الخنادق والخطوط الأمامية يتخذون منها لأنفسهم دروعا واقية على طول خطوط القتال يمكنهم أن يلجأوا اليها أو يحتموا فيها أثناء قيامهم بعملهم الشاق ، فأول نوع من هذه المباني كان على شكل خلايا

جدول عن نتائج ضرب الحصون في الحرب العظمى ١٩١٤-١٩١٨

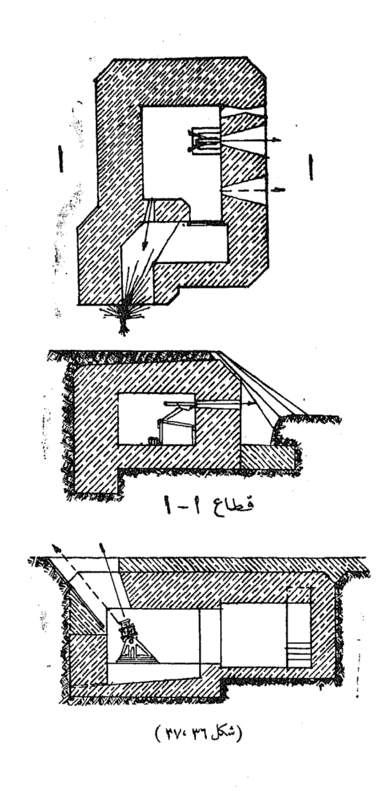
عيار القنبلة بالسنتيمتر	نموذج (١) بني قبل سنة ١٨٨٥	نموذج (٢) تمت تقويته بعد سنة ١٨٨٥	نموذج (٣) بني بعد سنة ١٨٨٥	ارض تراب
	تراب مباني دبش	تراب خرسانة رمل مباني دبش	خرسانة	
١٥ سم وزن ٤٠,٥ ك.ج وزن شحنة المفرقع ٤,٩ ك طاقة الحركة عند التصادم ٢٠٠ طن متر	مخروط التخريب في التراب فقط وشروخ بسيطة في المباني	تهشيم بسيط في الخرسانة اقصاه لعمق ٢٠ سم	تهشيم بسيط في الخرسانة اقصاه ١٥ سم	
٢١ سم وزن ١١١ ك.ج وزن شحنة المفرقع ١٣,٤ ك طاقة الحركة عند التصادم ٦١٥ طن متر	نفذت القنبلة عند عمق تراب اقل من ٢,٤٠ وفي تراب اكثر من ٤,٠٠ حصل ضرر كبير في المباني	شروخ حول نقطة التصادم		
٣٠,٥ سم وزن ٣٢٤ ك.ج وزن شحنة المفرقع ٢٩ ك طاقة الحركة عند التصادم ٢٠٠٠ طن متر	نفذت القنبلة		تهشيم الخرسانة الى السطح الاسفل من السقف	اقصى نفاذ ٢,٩٠
٣٨ سم وزن ٧٦٠ ك.ج وزن شحنة المفرقع ٦٦ ك طاقة الحركة عند التصادم ٣٤٠٠ طن متر	نفذت القنبلة	في سمك اقل من ١,٥٠ نفذت القنبلة حدود الوقاية من النفاذ ٢,٥٠ متر تأثير مضاعف من اثر قنبلتين في نفس الموضع	في سمك ١,٢٥ نفذت القنبلة " " ١,٥٠ على وشك النفاذ تهشيم في الخرسانة لغاية السطح الاسفل	منطقة التأثير
٤٢ سم وزن ٨٩٠ ك.ج وزن شحنة المفرقع ١٠٧ ك طاقة الحركة عند التصادم ٥٩٠٠ طن متر	نفذت القنبلة	في اقل من ٢,٠٠ متر نفذت القنبلة حدود الوقاية من النفاذ ٢,٥٠	في سمك اقل من ١,٥٠ نفذت القنبلة " " ١,٦٤ على وشك النفاذ حدود الوقاية بسمك ١,٧٥	منطقة التأثير اقصى نفاذ ١٣,٠

الوقاية الكافية من القنابل عيار ٤٢ من نتائج الحرب الكبرى

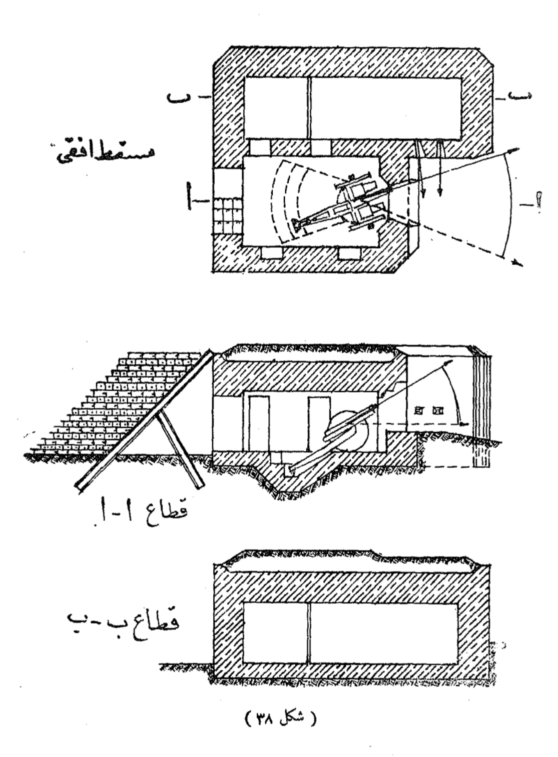
١- خرسانة ٢,٥٠ مترا، ٢- خرسانة مسلحة ١,٧٥ مترا، ٣- تراب اقصى نفاذ ١٣,٥٠ مترا



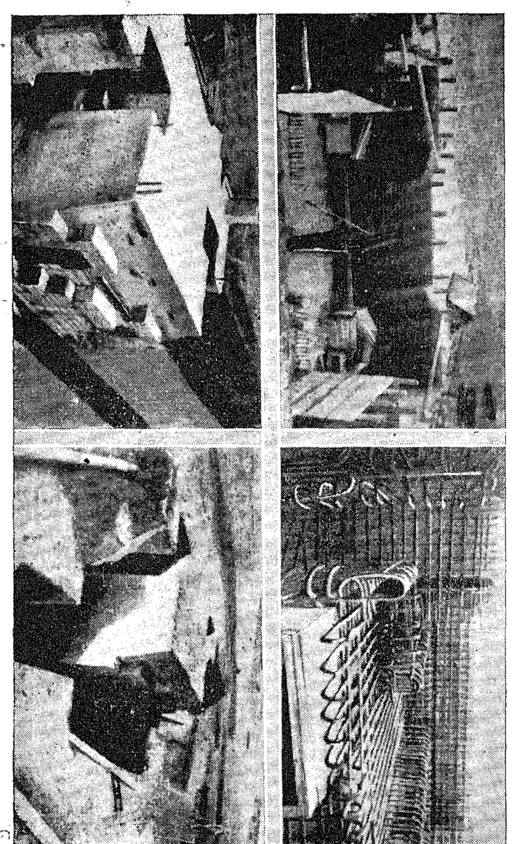
(شكل ٣٥)



(شكل ٣٦، ٣٧)



(شكل ٣٨)



(شكل ٣٩ و ٤٠ و ٤١ و ٤٢)

خرسانية صغيرة كانت تعمل على مسافات على طول الخنادق ليلجا إليها الجنود عندمهاجمة الطائرات لهم أو انفتاح فوهات المدافع عليهم أو لينالوا فيها قسطا من الراحة وهم أكثر أماناً ثم لتكون مراكزاً أمينة للاحتفاظ فيها بالجنود الاحتياطيين ولتخزين الذخائر وكان أول استعمال لها فى الخطوط البلجيكية . ونظراً لارتفاع مناسيب المياه الأرضية فى هذه البلاد كانت هذه الخلايا تعمل مرتفعة عن سطح الأرض حتى لا يبقى جزء منها تحت منسوب الرشح (شكل ٣٥)

وسرعان ما ظهرت قيمة هذه الخلايا فعمل على تعميمها والاستفادة منها كأداة للدفاع فزودت بفتحات فى واجهاتها الأمامية ركبت عليها المدافع الرشاشة وقاذفات الألغام فانقلبت إلى أوكار خطرة كانت أكبر منكل بفرق المشاة وأكبر عائق على تقدمهم (شكل ٣٦ ، ٣٧) وقد عمل على حماية مداخلها من فعل القنابل بعمل حوائط واقية أمامها حتى لا تنفذ القنابل إلى داخلها وتنفجر فى حيزها المحدود فتودى بمن فيها . زيد فى استغلال هذه الأبنية بعد ذلك فأصبحت تحوى المدافع الثقيلة (شكل ٣٨) وعمل على تنسيقها لتحوى مخازن للذخيرة وحجر لايواء الجند فكانت عبارة عن قلاع صغيرة قوية فزاد ذلك فى خطورتها .

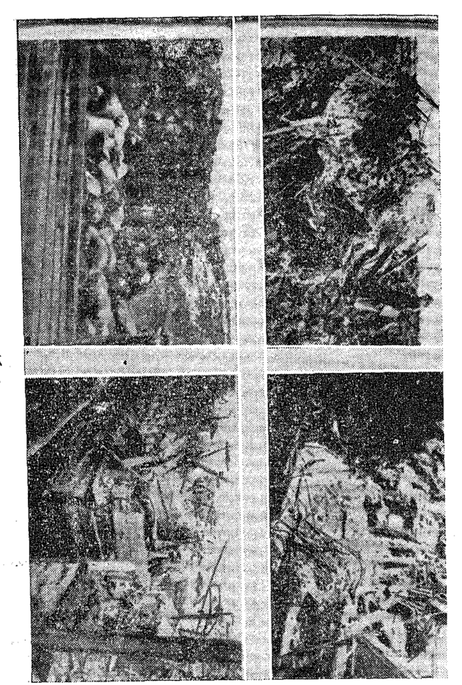
وشكل (٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢) يبين أحد هذه المعاقل أثناء بنائها وهو من النوع الذى استعمل فى المبدأ ونقطة الضعف فيه هو عدم مواراته عن أنظار الطائرات وقد روعى ذلك فيما بعد .

وقد شهد الألمان أنفسهم بمناعة هذه المعاقل الفائقة حتى أنهم لم يتمكنوا من اقتحامها إلا بعد أن سلطوا عليها أثقل أنواع مدافعهم من عيار ٢٧ ،

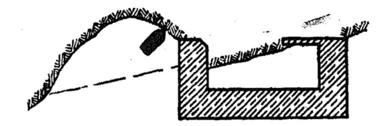
٢٨ ، و٣٧ سم فكان ذلك فوق طاقتها فاندكت معالمها بعد أن أدت رسالتها كاملة وشكل (٤٣) يبين ما آل اليه أحدها بعد ضربه .

ومن أخطر أنواع الاصابات تلك التى تغوص فيها القنبلة فى الأرض وتزحف إلى ما تحت الأساسات وتنفجر فى هذا الموضع فتعمل على خلع المبنى من موضعه (وشكل ٤٤ ا ، ب) يبين أحد المعاقل وقد انتابته مثل هذه الاصابة فقد غاص المبنى فى الأرض عند موقع الاصابة لكنه ظل محتفظا بتماسكه ومعالمه ولم يفقد مناعته بالرغم من وضعه المائل

ونقطة الضعف هنا هو عدم تزويد المبنى بأرضية قوية تقيه من إنفجار القنابل تحته على الصورة المتقدمة وهذ ما حدا بالانجليز فى وضع مواصفات مثل هذه المبانى إلى اشتراط عمل أرضية قوية لا يقل سمكها عن ٧٥سم من الخرسانة تسلح بحديد مقداره ٢٥ كيلو جراماً فى المتر المكعب يرص على طبقات تبعد عن بعضها ١٥سم وتزود فى سطحها الأعلى بحصيرتين من التسليح من أسياخ قطر ٣/٤ بوصة على بعد ٣٠ سم من بعضها وتبعد الحصيرتان عن بعضهما ١٥ سم واشترطوا عمل الحوائط الجانبية بحيث تكون فيها القوة الكافية لمقاومة القنابل التى تصيبها من الجانب فأقل سمك للحائط فوق الأرض يجب ألا يقل عن متر من الخرسانة المسلحة تسلح من كل من الجانبين بحصيرة من أسياخ قطر ٣/٤ بوصة على بعد ١٥ سم من بعضها وتربط بكانات عرضية وتزود فى سطحها الداخلى بشبك معدنى ويزاد سمك هذه الحائط إلى ما لا يقل عن مترين فى الجزء الواقع تحت سطح الأرض ويزاد التسليح بحصيرتين إضافيتين من أسياخ قطر ٣/٤ على بعد ١٥ سم من بعضها أيضا توضع على بعد ٢٥ سم من حصيرتى السطحين وترتبط الحوائط بالأرضية التى يجب أن تستمر بسمك ١٫٥ متراً من

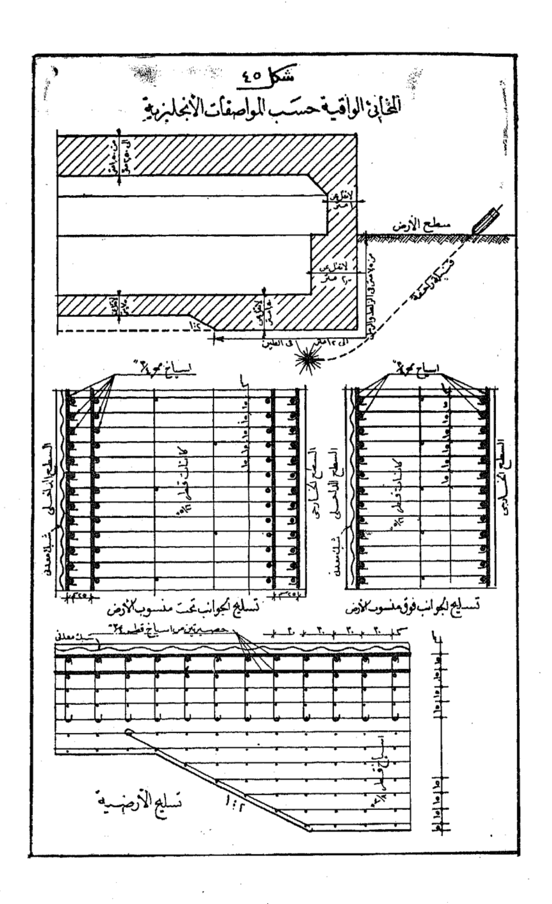


(شكل ٤٣)





(شكل ٤٤ ا ، ب)



شكل ٤٥
المخابئ الواقية حسب المواصفات الانجليزية
مسطح الأرض
تسليح الجوانب تحت منسوب الأرض
تسليح الجوانب فوق منسوب الأرض
المسطح الداخلى
المسطح الخارجى
شبك معدنى
اسياخ مجوزة
تسليح الأرضية

الخرسانة المسلحة إلى مسافة من سطح الأرض يتراوح مقدارها من ٥ر٧ متراً فى الزلط والرمل إلى ١٢ متراً فى الأرض الطينية مقاسه على سطح الحائط وبعد ذلك تتدرج إلى سمك ٧٥ سم السابق ذكره بميل ٢ : ١ (شكل ٤٥)

٤ — الفخاخ والعقبات

إن الاستعاضة عن فرق الفرسان والخيول بالمعدات الميكانيكية من دبابات وجرارات جعل الحاجة ماسة إلى مكافحة هذه بطرق فعالة . فبجانب المدافع التى عملت خصيصا لتعطيلها رؤى أن يلجأ إلى الحيل فى التنكيل بها ومن هذه عمل الفخاخ وهى عبارة عن خنادق تحفر فى مواقع متفرقة أمام خطوط الدفاع ثم تغطى بالهشيم والنباتات حتى إذا ما مرت عليها الدبابة سقطت فيها والقطاع العرضى للخندق عبارة عن حائط ساند من الخرسانة المسلحة وتكسيه مائلة من الخرسانة المسلحة أيضا من الجهة الأخرى (شكل ٤٦) ويعمل ميل التكسية بالدرجة التى لا تتمكن الدبابة من تسلقها فتظل باقية فى موضعها إلى أن يتم أسرها أو تدميرها .

أما العقبات فهى خوازيق تدق فى الأرض ويترك جزء منها بارزاً فوق سطحها حتى إذا ما مرت عليها الدبابات عاقتها عن السير بل ونفذت فى جسمها إذا كانت أطرافها حادة . وقد عمل الفرنسيون هذه العوائق من قضبان السكة الحديد والكمرات الصلب أمام خط ماجينو (شكل ٤٧) ولكن الألمان اضطروا إلى عملها من الخرسانة المسلحة نظراً لقلة الصلب عندهم فقامت هذه بنفس المهمة .

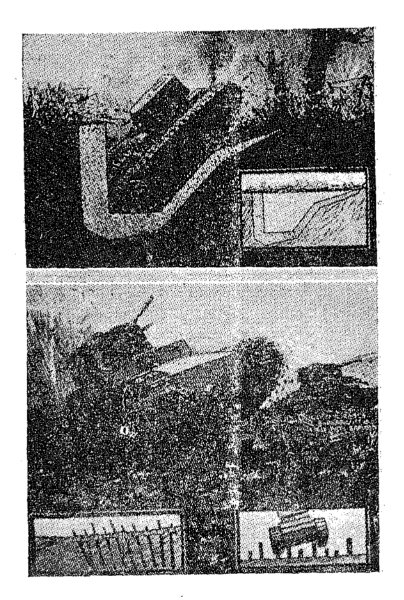
وكثيراً ما ينتهى بعض هذه العقبات بالألغام فى طرفه الأسفل فاذا مرت عليه الدبابة انفجر اللغم وقذف بها فى الهواء .

٥ — خطوط الدفاع

أملت الحرب الماضية على الأمم دروساً قاسية ذاقت منها من المحن ما جعل كل آمال الواحدة منها ألا تصبح أرضها مسرحا للقتال مرة أخرى مهما كلفها ذلك من النفقات والتضحية . فعمدت كل منها إلى اقفال حدودها بدرع من الحصون وضعت فيه كل آمالها ورجائها وصارت تنظر اليه نظرة المنقذ لها الذائد عن سلامتها وكيانها فكانت السياسات التى وضعت لعمليات التحصين فوق أى اعتبار فى الدولة بل رفعت إلى درجة التقديس الوطنى .

فكان القوم يصبرون على مضض على ما كانت تستنزفه هذه الأعمال من الجزء الأكبر من ميزانياتهم مضحين بكل شىء فى سبيل اتمامها واستكمال عدتها وأهبتها . فأحاط الانجليز جزرهم بأرمادا القرن العشرين وزادوا عليه أن سلحوا شواطئها على طولها بمدافع بعيدة المرمى من عيار ١٥ بوصة لئلا يدعوا للمهاجم بابا يطرقه . أما الفرنسيون فلم يقف مجهودهم على عمل سلاسل من الحصون فى المواقع الاستراتيجية بل دفعهم الخوف والحذر إلى ربط هذه الحصون ببعضها بطريقة لم يشاهد العالم مثلها من قبل حتى لا يتركوا للمغيرين أى منفذ يطعنونهم منه فأصبح الحد الفاصل لبلادهم عبارة عن قلعة واحدة أمنع من عقاب الجو .

وقابل الألمان عملهم بالمثل فبنوا خطاً محاذيا للسور الفرنسى استنفدوا فيه كل ما أتاهم الله من ذكاء ومقدرة . فنتج عن هذين الخطين سد منيع لكل



(شكل ٤٦)

من الطرفين جعل من المتعذر أن يخرج أحدهما من الآخر بطائل بما فى وسعه الآن من حول وقوة اللهم إلا إذا ألهم الله أحدهما إلى جديد فوق الأرض يمكنه من أن يهزأ بما أقامه أمامه عدوه وليس ذلك بالمستبعد فالحرب كلها مفاجآت . ويعد الهجوم على أحد هذين الخطين انتحاراً صريحا لمن يفكر فى القيام به فقد قدر المارشال جورنج خسائر المهاجم لخط سيجفريد بما عدته ٤٠٠٫٠٠٠ مقاتل فى الأسبوع . وليست خسائر المهاجم لخط ماجينو بأقل من ذلك إن لم تزد عنه فاذا تطلب العمل لاقتحام أحد هذين الخطين بضعة أسابيع لرأينا عظم النكبة التى تصيب البشرية من جراء القيام بمثل هذه المغامرة وهذا ما جعل القائمين بالأمر يفكرون مليا قبل القيام بأى عمل من شأنه أن يودى بملايين فى حين أن نتيجته مشكوك فى أمرها .

ان الاعمال الفنية التى ركزت فى هذين الخطين من الوجهتين البنائية والحربية هى خلاصة ما أنتجته الخبرة التى اكتسبت من الحرب الماضية . فهى نتيجة لتجارب واقعية كلفت العالم ما لا يزال يكل عن حمله من خسائر الأنفس والأموال . فاذا هالتنا هذه الملايين من الذهب والفضة التى أنفقت فى تشييد هذه الخطوط فما هذه إلا جزء يسير مما كلفته الخبرة التى تم على أساسها بناؤها والتى يجب حقا أن يضاف ثمنها إلى نفقات تشييدها فيتضح لنا جليا بعد ذلك أن كل ركن من أركان هذه الحصون قد تكلف بناؤه ما قد يعادل وزنه من الأموال وما لا يقدر من الأرواح والأنفس .

ان معلوماتنا عن خطى ماجينو وسيجفريد لا تزال قاصرة نظراً لما يحاط بهما من التكتم الشديد بطبيعة الحال وكل ما تنشره الجرائد اليومية

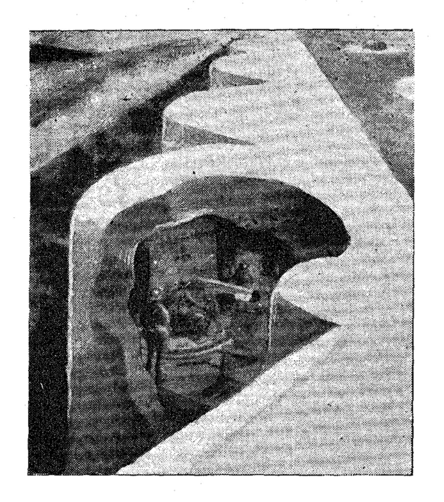
أو المجلات العلمية عن أولها إنما هو بصيص من النور تعطيه السلطات الحربية بقصد الدعاية والاشادة بعظمة هذا الخط ومناعته وربما كان فيه الكفاية لاعطائنا فكرة سطحية عن ماهية ما يجرى فى ثنايا هذه الأبنية الجبارة .

ولكنه بالرغم من كل ذلك فانى لا أعتقد ان طرق حساب مقاومة الأقبية والأسقف الواقية فى هذه الحصون تختلف كثيراً عما أوصلتنا اليه الابحاث والتجارب التى عملت فى السنين الأخيرة والتى تناولناها بالشرح فى مقالنا هذا وكل ما ينقصنا هو مقدار القوى التى تم عليها عمل الحساب لتحديد سمك هذه الأسقف والمعاملات التجريبية التى أدخلت فى معادلات المقاومات وهذه سوف تظهرها الأيام عندما تنطوى هذه الخطوط فى صفحات التاريخ ويصبح مصيرها كمصير سابقاتها محطاً لأنظار السواح والمتفرجين والزمن كفيل بذلك وقد يتم هذا فى المستقبل القريب أو البعيد

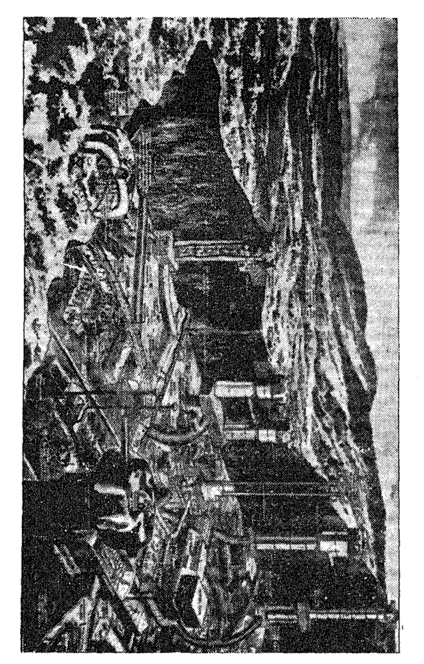
عرف العالم فى الحرب الماضية ما للخرسانة المسلحة من خطورة فى بناء أعمال الدفاع فكانت بلا منازع عدته فى إقامة هذه الحصون الرهيبة

يمتد خط دفاع فرنسا الأول على طول يبلغ ١٠٠٠ كيلو متراً ويبلغ عرض هذه القلعة ٥٠ مترا وعمقها ٤٠ مترا . ويختلف نوع الحصون باختلاف مناسيب الأرض ففى المواقع المرتفعة بنيت هذه على شكل طواب متسلسلة من الخرسانة المسلحة (شكل ٤٨)

وفى المواقع المنخفضة رتبت المدافع فى أبراج مصفحة مرتفعة على مثال أبراج المدرعات البحرية وزودت بكل ما تستلزمه هذه . فما هى فى الواقع فى مجموعها إلا أسطول أرضى رهيب فى بحر من الوديان (شكل ٤٩)



(شكل ٤٨)



(شكل ٤٩)

وفى امكان البرج الدوران حول نفسه موجها بذلك مدافعه الى جميع الاتجاهات ويجرى توجيهها حسب ما يصدر اليه من أوامر الضباط المقيمين فى المخابئ المصفحة يراقبون منها حركات العدو بواسطة نظارات من نوع البريسكوب المستعمل فى الغواصات .

وينتهى كل برج فى أسفله الى تلك المدينة العامرة التى أقيمت فى سراديب من الخرسانة المسلحة على عدة طبقات رتبت فيها ثكنات الجنود ومخادعهم ومكاتب التشغيل والمستشفيات ومخازن الذخائر وقد أعدت بالمصاعد الكهربائية الكبيرة وزودت بخطوط من السكك الحديدية الكهربائية التى تجرى فى هذه الأنفاق وتصلها بداخلية البلاد وتنقل اليها جميع لوازمها ويبلغ مجموع عدد الأبراج على اختلاف أنواعها ١٤ ألف برج استنفذوا فى بنائها عدة ملايين من الأمتار المكعبة من الخرسانة المسلحة عالية المقاومة

وقد بثت فى المنطقة التى أمام الخط جميع أنواع التنبيهات الغير مرئية مثل الأشعة الحمراء التى تشعر بدنو من تحدثه نفسه بالاقتراب فلا يؤخذ الحصن على غرة . ولو فرض المستحيل وسقط أحد الأبراج أو جانب من الخط فى حيازة العدو فقد عمل الترتيب لامكان فصله بحواجز فولاذية عن باقى الخط وذلك لنسفه على حدة بما رتبت تحته من ألغام . وقد زود البناء بأحدث أنواع معدات تبريد الهواء وتجديده ثم معدات التدفئة لتوفر أسباب الراحة لمن فيه . فهذا الخط العظيم يعد بحق علاوة على ماله من قيمة حربية من أجل الأعمال الهندسية الحديثة .

ولم يكتف لا الألمان ولا الفرنسيون بخطوط دفاعهم الأولى بل أخذوا منذ ابتداء الحرب فى انشاء خطوط دفاع ثانية تمتد خلف الأولى استخدموا

فى عملها ملايين الجنود التى ترابط على حدودهم . فى الثلاثة الأشهر الأولى من الحرب مد الجنود الفرنسيون والانجليز معهم ١٦ مليونا و ٥٠٠ ألف متراً مربعا من الأسلاك الشائكة يبلغ وزنها ٦٥ ألف طن ونقلوا أربعة ملايين ونصف من الأمتار المكعبة من الأتربة وصبوا مكانها ٧٠٠ ألف متر مكعب من الخرسانة المسلحة بسرعة تصل إلى حوالى ١٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم .

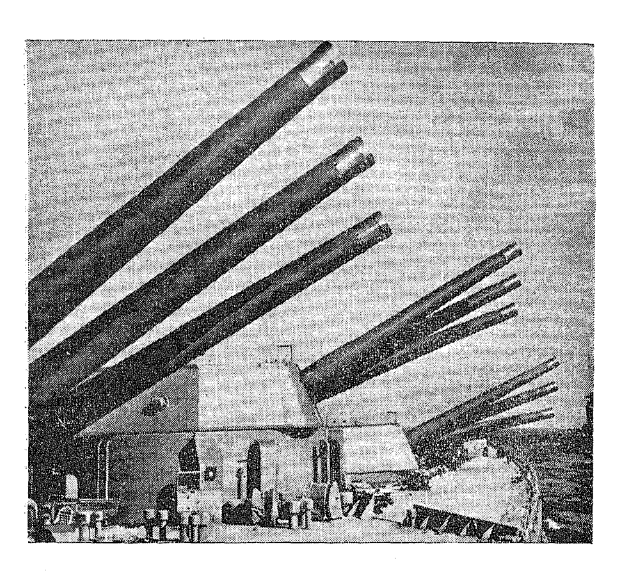
ويمتد خط دفاع فرنسا الثانى من جنيف إلى دنكرك

٥ ـ الدفاع البحرى

قد لا تختلف الحصون البحرية عن مثيلاتها البرية فى الموضوع لكن مهمتها أشق فعليها مقابلة ضرب مدافع الدوارع التى وصلت إلى عيار ١٦ بوصة . والخطر هنا هو من تجمع عدد كبير من هذه المدافع فى المدرعة الواحدة فقد تحمل هذه اثنى عشر مدفعاً من الأعيرة الكبيرة يمكنها توجيهها كلها دفعة واحدة الى نفس الهدف فتزيله من الوجود . فاحتمال إصابة الحصن فى نفس الموضع بعدة قنابل كبيرة أكثر منه فى الحصون البرية إذ من النادر أن يتجمع أمام هذه مثل هذا العدد من المدافع الثقيلة فى وقت واحد .

وشكل (٥٠) يبين صورة لأقوى مدافع بحرية فى العالم وهى تسعة المدافع التى تحملها المدرعة البريطانية رودنى .

طول المدفع ٢٠ مترا . عياره ١٦ بوصة . وزن البرج الحامل لثلاثة



(شكل ٥٠)

المدافع ١٦٠٠ طن . وزن القنبلة طن تقذف الى مدى لا يقل عن ٣٠ كيلو مترا . وحمولة الرودنى ٣٣٩٠٠ طنا وهى ثانية الدوارع البريطانية وأولاها هى المدرعة هود وحمولتها ٤٢٤٠٠ طنا . ولكن الانجليز فضلوا فى المدة الأخيرة تسليح دوارعهم الجديدة من طراز جورج الخامس وحموله ٣٥٠٠٠ طناً . بمدافع من عيار ١٤ بوصه . وهم يأملون بذلك زيادة عدد الاصابات بزيادة عدد المدافع ثم رفع السرعة التى تطلق بها عند ما تصغر أعيرتها . وقد أيدت وقائع الحرب البحريه الحالية صحة وجهة النظر هذه .

ولكن الحرب الكبرى علمتنا غير ذلك فقد اظهرت أن الحصون البحرية الحديثة والمسلحة بالمدافع الثقيلة يتعــذر بل ربما استحال على الأساطيل اقتحامها فقد وضع الوزير الانجليزى تشرشل ابان الحرب الكبرى خطة لمهاجمة الاسطول الألمانى فى موانيه والقضاء عليه فى عقرداره وكان عليه للوصول إلى هذا الغرض أن يدمر حصون جزيرة هليجولاند ليفسح الطريق للاسطول الانجليزى فعارضه فى ذلك الأميرال الانجليزى الكبير جليكو فعرض تشرشل أن يضحى بمراكب الأسطول القديمة فى سبيل دك هذه الحصون فامتنع جليكو عن ذلك فنجا بذلك الأسطول الانجليزى من هزيمة منكرة محققة وحرم الألمان من نصر باهر . وكان رأى جليكو أن أمثال هذه الحصون لا يمكن اقتحامه إلا بالمدافع البعيدة المرمى التى تمكن الدوارع من الوقوف على مسافات أبعد من مرمى مدافع الحصون فلا يصيبها منها أذى . ولكن تشرشل عاد وقذف بتسعين بارجة من الاسطول الانجليزى الفرنسى لضرب حصون الدردنيل ونظراً لضيق المجاز المائى هناك فقد منيت هذه بنكبة كبيرة دون أن تنال من هذه الحصون شيئا فكان ذلك أكبر فشل أصيب به تشرشل ، وكانت نتيجته أن اضطر

الانجليز إلى قلب خططهم البحرية رأساً على عقب وكفوا عن مهاجمة المواقع الحصينة واكتفوا بتشديد الخناق على المانيا بالحصار البحرى حتى ما إذا جاع الألمان خرجت أساطيلهم خروج اليـائس لقذف آخر سهم . وقد كان فقد خرجت هذه الأساطيل لفك الحصار البحرى الانجليزى فاشتبكت مع الانجليز فى أكبر موقعة بحرية عرفها العالم وهى موقعة جتلاند

وكان تفوق الانجليز عليهم كبيرا فارتد الألمان بعد أن تحملوا خسائر فادحة وحملوا الانجليز ما لا يقل عنها فايقنوا أنه لاقبـــل لهم من مقابلة الانجليز فى البحر واضطروا الى الاستعاضة عن الأساطيل بحرب الغواصات والألغام على مثال ما يجرى الآن . فما أشبه الليلة بالأمس فكلا الطرفين يتبع اليوم ما انتهى اليه البارحة ويستأنف الخطة التى أمكنه بها أن ينال من غريمه مأربه

وعندما ضرب الألمـان ثغر الميريه الحصينة فى الحرب الاسبانيـة الأخيرة وقفت دوارعهم على بعد شاسع فى عرض البحر وأمطرت الميناء وابلا من قنابل مدافعها البعيدة المرمى ولم تتمكن مدافع الحصون من أن تجيبها بالمثل فلم تنل منها شيئا

ولـكن هنا لك عاملان قويان يجب أن يحسب حسابهما فيما وصل اليه نظام الحصون الجديدة أولها اشـتراك السلاح الجوى فى رد السفن المهاجمة والثانى تزويد الحصون بأبراج لقذف الطوربيد على مثـال السفن الحربية والغواصات تقام على بعد شاسع فى عرض البحر وفى كلتا الحالتين لا يجدى ابتعاد السفن عن الحصون فى درء الخطر عنها . فاصبح الرابض فى الحصن أثبت ظهراً بكثير من الواقف على المدرعة .

فطعنة نجلاء قد تؤدى بالدارعة لكنها لا تلحق بالحصن الا عطبا موضعيا يمكن اصلاحه. وقد أيدت وقائع الحرب الحالية هذه الحقيقة وتؤيدها وقائع الحرب الروسية الفنلندية باستمرار.

ومن أقدم أبراج ضرب الطوربيد محطة خليج لوبيه بالقرب من ميناء هيرس الفرنسية على البحر الأبيض المتوسط التى تعد من الأعمال التى تستلفت النظر من الوجهتين الهندسية والحربية.

وقد أقيمت هذه المحطه سنة ١٩٠٩ لاختبار أنواع الطوربيد الذى توروده معامل شنيدر الفرنسية المشهورة للبحرية الفرنسية.

ويبلغ عمق المياه فى أوطى منسوب لهـا عند موقع المحطة ١١ مترا والتربة مكونة من طبقة حجرية صلبة على عمق ١٥ر٥ متر تعلوها طبقات من الرمل والرواسب.

عمل مشروع المحطة على أن تبنى من برج عبارة عن صندوق واحد من الخرسانة المسلحة يغوص على أرض تمهد له بازالة الطبقات المفككة بالكباشات فى مساحه قدرها ٣٩ × ٣٥ متراً إلى منسوب الطبقة الصخرية وملىء محلها بكسر الحجارة رصه الغواصون بعناية.

وقد قامت بعملية البناء الشركة العمومية للانشاءات الخرسانية برئاسة المهندس الشهير هنبيك

ثم عمل الصندوق الخرسانى فى الحوض الجاف لميناء طولون على شكل هرم ناقص ارتفاعه ١٥ر٥ متراً وقاعدته ٢٣ر٥ × ١٤ر٨٠ متراً (شكل ٥١) بلغت تخانات الحوائط الجانبية والقاع ١٥ ، ٢٠ سنتيمتراً على

التوالى سلحت بأسياخ قطرها ١٦ مليمترا (⅝ بوصة) وزودت بتقويات من العروق الخرسانية .

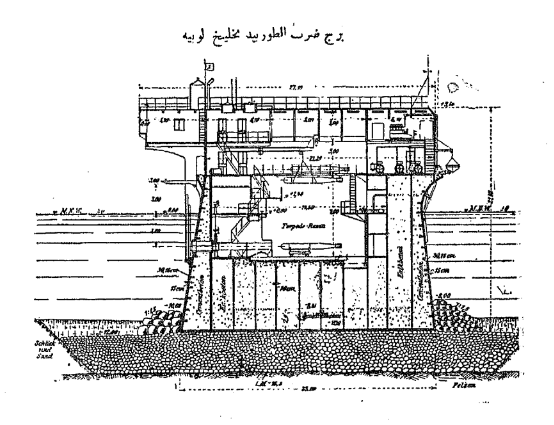
أما الحوائط الداخلية فعملت بسمك ١٠ سنتيمترات فقط وقد رتبت القاعات والغرف اللازمة للتشغيل داخل البرج وفوقه وتم تقسيمها بحوائط من الخرسانة المسلحة أيضاً ومن هذه قاعات لضرب الطوربيد على ارتفاع ٣ أمتار فوق منسوب المياه المتوسط وأخرى على ٣ أمتار أسفل هذا المنسوب . كما زودت المحطة بمصطبة مرتفعة للرصد من جهة قذف الطوربيد ركبت على كوابيل بارزة عن الواجهة .

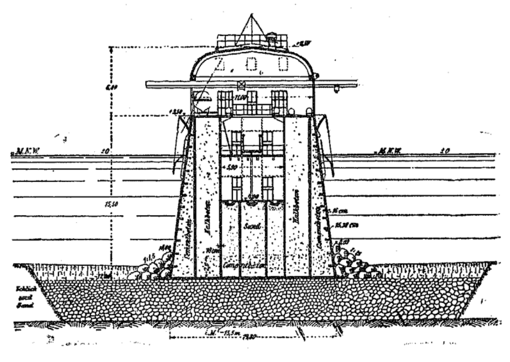
ولما كان عمق قاع الحوض الجاف الذى تم فيه بناء الصندوق لم يزد على ثلاثة أمتار ونصف فانه اقتصر فى فترة البناء داخل الحوض على اتمام الصندوق إلى منسوب السقف الرئيسى لمراعاة عدم زيادة وزنه على مقدار رفع المياه على هذا العمق لامكان تعويمه .

وبعد تعويم هذا الجزء استؤنفت عملية البناء فى ميناء طولون أيضا إلى أن تم عمل المصطبة العليا . ثم عمل على تغويص الصندوق باضافة كميات من خرسانة الأسمنت فى الخلايا الخارجية وطبقة من نفس الخرسانة بسمك مترين فوق كل مساحة القاع زيدت بعدئذ إلى ثمانية أمتار .

وشكل (٥٢) يبين البرج أثناء عملية التغويص وقد زود بوقايات من الخشب بطول أربعة أمتار . وبعد الانتهاء من هذه العملية أجرى سحب البرج إلى موقعه النهائى فى خليج لوبيه على بعد ٣٥ كيلومتراً فى رحلة استغرقت ١٥ ساعة بدون أن يعترضها شىء من الصعوبات ثم غوص فى موقعه بملئه بالمياه .

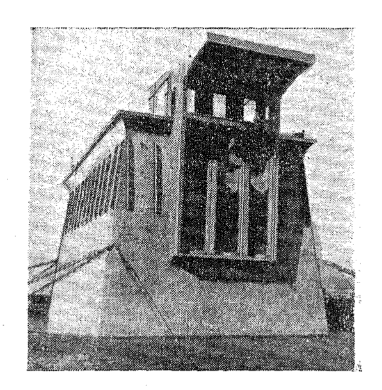
برج ضرب الطوربيد بخليج لوبيه





قطاع عرضي

(شكل ٥١)



(شكل ٥٢)

وبملء الفراغات الداخلية بالرمل زيد ثبات البرج لدرجة مكنت من نزح مياه الخلايا الخارجية على التوالى لملئها بالخرسانة التى استنفد فى عملها الرمل السابق استعماله للتثقيل .

وقد ملئت الخلايا الخارجية بخرسانة الأسمنت أما التى تليها فقد اكتفى بملئها بخرسانة الجير والرمل . وقد تركت باقى الخلايا ملأى بالرمل كما هى وذلك لامكان رفعه عند الحاجة إذا أريد تعويم البرج فى المستقبل لنقله إلى مكان آخر . ومما يجدر ذكره أنه عند إقامة البرج فى موضعه هبت عاصفة شـــديدة كانت خير اختبار لقدرة ثبات البرج الذى يبلغ وزنه تسعة آلاف طن .

وبعد الانتهاء من عمليات الخرسانة رص حول قاعدة البرج أكوام من الحجارة الكبيرة لحمايته ثم أتمت بعدها المبانى العلوية والترتيبات الداخلية

وأثناء هذه العمليات المتتالية هبط البرج هبوطا منتظما مقداره ١٥ سم ويبلغ الضغط على الأرض فى حالة هدوء المياه ١٫٣٥ كج — سم ٢ يصل إلى ٣ كج — سم ٢ فى حالة الزوابع على فرض أن ضغط الأمواج ٢٠ طنا على المتر المسطح .

وقد ابتدىء بتحضير أعمال الخرسانة المسلحة فى شهر مارس ولم يمر يوم ٥ نوفمبر الذى يليه إلا والبرج يسحب إلى موضعه وفى نفس اليوم غوص بنجاح فى وضعه النهائى . وقد روعى الاعتناء بمظهر البرج الخارجى من الوجهة المعمارية فعمل على الطراز المصرى القديم

يتضح مما تقدم أن الخرسانة المسلحة أصبحت فى الحروب الحديثة من أهم المواد الأولية التى لا غنى عنها . وان أعمال الدفاع تلقى على عاتق

المهندس عبئا ثقيلا عليه أن يضطلع به . فقد أصبح المحرك الأول لدولاب الحروب سواء كان فى المقدمة فى ميادين القتال أو فى المؤخرة فى داخلية البلاد حيث يقضى ليله ونهاره فى المصانع لسد طلبات الجيوش

فبينما هو فى زمن السلم دائب العمل فى تشييد الحصون والقلاع فاذا به فى زمن الحرب أول من يقذف به فى المقدمة لتعزيز مواقع الدفاع الامامية والتمهيد لزحف الجيوش حيث يعمل فى أشد المواقف خطورة

فأول ما قامت به القيادة الفرنسية فى الحرب القائمة الآن كان بث فرق المهندسين فى المنطقة الواقعة بين خطى ماجينو وسيجفريد المعروفة بمنطقة الفناء لتطهير الطريق أمام فرق الجيش . فقد أنيط بهم اكتشاف مواضع الألغام ونسفها وكشف اللثام عن الفخاخ والعوائق لتفاديها ثم وضع الخطط لاقتحام الحصون وهدم المعاقل ثم مد الطرق والسكك الحديدية واقامة الكبارى لتجرى فوقها الفرق الميكانيكية والمدافع الضخمة . وأثناء كل ذلك يعملون فى العراء المكشوف على مرأى من العدو الذى ينزل عليهم طول الوقت جام غضبه وليس هناك ما يقيهم منه شيئا فانهم هم الذين يقيمون الواقيات ليحتمى بها غيرهم . كما أنهم آخر الرجال الذين يقفون أمام العدو عند التقهقر ليضعوا العقبات فى سبيله وليعيقوا تقدمه واجتياحه لأراضيهم أو اللحاق برفاقهم يعملون ذلك وهم فى أشد المواقف هولا وأمرها مذاقا فهم الجنود المجهولون الذين تلفحهم الحرب بأول لهب من سعيرها وهم المسئولون عن اصلاح ما أفسدته بعد زوالها فهم أبطال فى الحرب وأبطال فى السلم فاذا قيس المرء بقدر ما ينتجه فهم أولى الناس بالتقدير والرعاية لكنهم مع الأسف أول من يشقى وآخر من يكافأ

فقلما مر على الألسن ذكرهم فى مجالات التمجيد وقلما دار فى الخلد الالماع بفضلهم عندما تـكال آيات الثناء .

فقد أقيمت آلاف النصب التذكارية لجميع أنواع الهيئات المحاربة وتمشدق آلاف الخطباء عند إزاحة الستار عنها بأعمال البطولة التى قامت بها كل هيئة منها وقد تغالى القوم فأقاموا التماثيل لفصائل الحيوانات التى أدت خدمات تذكر فى بعض المواقف كالحمام الزاجل والـكلاب الحربية . ولا أذكر أن شيئا واحداً من ذلك أقيم للاشادة بذكر المهندسين الذين استشهدوا فى سبيل الواجب يثلج صدور الأحياء منهم .

وليس المجال مجال إشادة بمجهود المهندسين وأعمالهم فهم الفئة التى تعمل ولا تتكلم وهم على أتم استعداد للعمل أيان وأينما يقذف بهم لدرء خطر أو استدراك نقص فهو واجبنا ونحن أول من يقدره ويقدسه

دكتور سيد مرتضى

المراجع

1.) Shitkewitsch, N. Prof. Ing.
Belgrad.
Berechnung von Schutzdecken.
Beton & Eisen Heft 13, juli 1938.

a) Major Justrow
Konstruktion und Wirkung von Fliegerbomben

b) W. Vieser
Grundlagen des Bautechnischen Luftschutzes

c) H. Schosberger
Neues Shutzraum bauwesen
Bauwelt 1936

d) Alfred Stellbacher
Die Schxiess-und Sprengstoffe

2. Speth, O. Berlin
Beton in Festungsbau und SeinVerhalten gegen Geschoswirkung.
Beton & Eisen Heft 15, August 1938.

a) Ernst Freiherr von Leithner
Bestaendige Befestigung und der Festungskrieg.

b) Solf : Zwei Kriegsjahre mit einer 42 Cm. Batterie.

c) Denhschrift " Die Ergebnisse der Beschiessung derFestungen Luettich, Namur, Autwerpeu, etc. . . .
im jahre 1914,"
Von General des Ingenieur Und Pionierkrieges beim General Gouvernement in Belgien.

d) Petain : La Bataille de Verdun.

e) Radtke : Douamont wie es wirhliche war.

f) R. Ménager
Les forts de Moulainville et de Douamont Sous le 420ect,ect.

3) Handlrich des Eisenbetonbaues

4) Evans, F. D.
A. R. P. Structural Course

مصلحة وقاية المدنيين من الغارات الجوية

٥) مرتضى : الخرسانة المسلحة فى أعمال الدفاع
مجلة العمارة العدد التاسع سنة ١٩٣٩

٦) اخبار الحروب الحالية عن الجرائد والمجلات العربية والأفرنجية المختلفة.

دار الطباعة المصرية
بشارع رشدى باشا (السلامة سابقا) بمصر
تليفون ٥٢٧٢٧

